

РР22.6  
Л-64

БІБЛІОТЕКА  
ЕСТЕСТВОЗНАННЯ



Вс 4  
Издание Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ.

РФР 22.6  
Л 64  
В

7-60  
Библиотека Естествознания, под редакцией проф. П. И. Броунова и В. А. Фаусека.

З. З. Литровъ.

ш м  
ТАЙНЫ НЕБА.

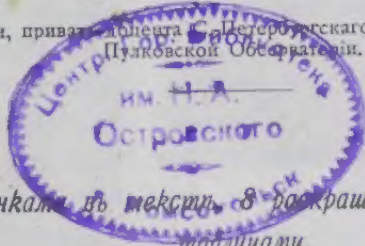
съ 8 нѣмецкаго изданія, переработаннаго сообразно съ новѣйшими успѣхами астрономіи

Д-ромъ Эдмундомъ Вейсомъ,

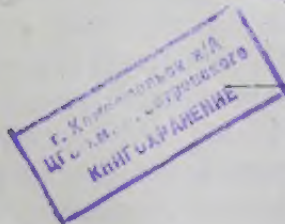
директоромъ Обсерваторіи и профессоромъ Вѣнскаго Университета.

Переводъ съ дополненіями А. А. ИВАНОВА,

доктора астрономіи, приват-доцента С.-Петербургскаго Университета и астронома Пулковской Обсерваторіи.



Съ 336 рисунками въ текстѣ, 8 раскрашенными и 44 черными таблицами.



ПРОВЕРЕНО-69

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ. Прачешный пер., № 6.

Р

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

Первое изданіе книги „Тайны неба“, предлагаемой благосклонному вниманію читателей, было составлено въ 1834 году І. І. Литровымъ. Книга эта обратила на себя вниманіе публики, и еще при жизни автора она выдержала три изданія. Послѣ смерти І. І. Литрова, послѣдовавшей въ 1840 году, заботы о дальнѣйшей судьбѣ этой книги принялъ на себя его сынъ К. Литровъ. Когда явилась потребность въ новомъ изданіи, то К. Литрову уже пришлось значительно переработать все сочиненіе, такъ какъ за это время астрономія сдѣлала большіе успѣхи. Это первое подъ редакціей К. Литрова, а вообще четвертое изданіе „Тайнъ неба“ появилось въ 1853 году. Съ неменьшимъ вниманіемъ отнесся К. Литровъ и къ пятому изданію книги своего отца, которое вышло въ свѣтъ въ 1866 году. Когда же готовилось шестое изданіе „Тайнъ неба“, а именно въ концѣ 1877 года, смерть похитила К. Литрова, который передъ тѣмъ долгое время хворалъ и жилъ въ Венеціи. Вслѣдствіе болѣзни К. Литрова уже при его жизни дѣятельное участіе въ подготовленіи шестого изданія „Тайнъ неба“ принималъ его старшій сынъ, внукъ автора книги, А. Литровъ, на долю котораго и выпала честь выпустить въ свѣтъ шестое изданіе. Что же касается седьмого изданія, то его редактированіе было поручено Э. Вейсу, нынѣшнему директору вѣнской обсерваторіи. Подъ его же редакціей вышло и восьмое нѣмецкое изданіе, съ котораго и сдѣланъ предлагаемый читателямъ русскій переводъ. Восьмое нѣмецкое изданіе было напечатано въ 1897 году, т.-е. болѣе чѣмъ черезъ 60 лѣтъ послѣ перваго изданія книги. Имѣя въ виду такой большой промежутокъ времени, всякій пойметъ, что въ восьмомъ изданіи сохранился лишь общій планъ автора книги, І. І. Литрова, въ отдѣльныхъ же своихъ частяхъ книга была ею редакторомъ, Э. Вейсомъ, переработана совершенно заново, такъ какъ за это время во многихъ областяхъ астрономіи, въ полномъ смыслѣ слова, совершились перевороты, и, кромѣ того, образовались цѣлыя новыя отрасли этой науки, напр., примѣненіе спектральнаго анализа и фотографіи къ изученію неба. Такимъ образомъ, уже нѣмецкое изданіе, съ котораго сдѣланъ переводъ, безъ сомнѣ-

нія, стояло на уровнѣ современныхъ требованій науки; но, тѣмъ не менѣе, въ русскомъ переводѣ читатель найдетъ еще немало добавленій, которыя обуславливаются отчасти тѣмъ, что даже за этотъ короткій промежутокъ времени были сдѣланы нѣкоторыя важныя открытія и изслѣдованія, отчасти тѣмъ, что переводчику нѣкоторыя мѣста книги казались недостаточно ясными и полными. Поэтому въ этой книгѣ читатель познакомится со всемъ тѣмъ, что въ настоящее время извѣстно астрономамъ относительно небесныхъ тѣлъ. Наконецъ, то обстоятельство, что книга, впервые изданная въ 1834 году, послѣ необходимыхъ измѣненій и дополненій, имѣетъ за границей успѣхъ и въ настоящее время, вполнѣ доказываетъ ея достоинства, и потому выборъ редакціею „Библіотеки Естествознанія“ для русскаго перевода именно этой книги слѣдуетъ признать весьма удачнымъ. Необходимо еще замѣтить, что число рисунковъ въ русскомъ изданіи увеличено сравнительно съ нѣмецкимъ въ два раза, а число таблицъ почти въ четыре.

Апрѣль  
1904 г.

*Переводчикъ.*

# СОДЕРЖАНІЕ.

## ВВЕДЕНІЕ.

		Стран.
	Вступленіе . . . . .	1
§ 1.	Круги на шарѣ . . . . .	6
§ 2.	Свойства большихъ круговъ . . . . .	6
§ 3.	Взаимное наклоненіе двухъ круговъ . . . . .	7
§ 4.	Небесные и земные круги . . . . .	8
§ 5.	Ось міра, полюсы міра, экваторъ . . . . .	8
§ 6.	Горизонтъ, зевидъ, надиръ . . . . .	8
§ 7.	Меридіанъ, полуденная линія, главные точки горизонта . . . . .	9
§ 8.	Круги высотъ, высота и азимутъ свѣтила . . . . .	9
§ 9.	Круги склоненія или часовые круги, склоненіе, часовой уголъ . . . . .	10
§ 10.	Прямое восхожденіе и склоненіе . . . . .	10
§ 11.	Астрономическія долгота и широта . . . . .	11
§ 12.	Географическія долгота и широта мѣста наблюденія . . . . .	12
§ 13.	Высота полюса міра . . . . .	12
§ 14.	Параллели, альмукантараты . . . . .	12
§ 15.	Восходъ и заходъ звѣздъ . . . . .	13
§ 16.	Кульминація звѣздъ . . . . .	13
§ 17.	Околополярныя звѣзды, ихъ верхняя и нижняя кульминаціи . . . . .	13
§ 18.	Меридіональная высота свѣтилъ . . . . .	14
§ 19.	Квадрантъ . . . . .	14
§ 20.	Опредѣленіе высоты полюса . . . . .	15
§ 21.	Опредѣленіе склоненій околополярныхъ звѣздъ . . . . .	15
§ 22.	Опредѣленіе склон. звѣздъ, кульминирующихъ въ югу отъ зенита . . . . .	15
§ 23.	Звѣздное время, опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ . . . . .	16
§ 24.	Выводы . . . . .	16

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

### Теоретическая астрономія или небесныя явленія вообще.

#### Глава I. Видъ и размѣры земли.

		Стран.
§ 1.	Первыя впечатлѣнія . . . . .	17
§ 2.	Земля не есть плоскость и не имѣетъ опоры . . . . .	17
§ 3.	Шарообразность земли . . . . .	18
§ 4.	Другія доказательства шарообразности земли . . . . .	19
I.	Видъ отдаленныхъ предметовъ . . . . .	19
II.	Путешествія по направленію меридіана и путешествія вокругъ свѣта . . . . .	20
III.	Лунныя затмѣнія . . . . .	20
IV.	Форма другихъ небесныхъ тѣлъ . . . . .	20
§ 5.	Какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ высокой горы . . . . .	20
§ 6.	Размѣры земли . . . . .	21
§ 7.	Болѣе точное опредѣленіе фигуры земли. Основная мѣра . . . . .	22

#### Глава II. Суточное движеніе земли.

§ 8.	Суточное движеніе небеснаго свода . . . . .	25
§ 9.	Возможность объясненія суточного движенія звѣздъ вращеніемъ небесной сферы . . . . .	27
§ 10.	Объясненіе суточного движенія звѣздъ вращеніемъ земли . . . . .	27
§ 11.	Логическія доказательства вращенія земли . . . . .	28
I.	Скорости вращенія . . . . .	28
II.	Величина небесныхъ тѣлъ . . . . .	29
III.	Вращеніе другихъ небесныхъ тѣлъ . . . . .	29

	Стр.
IV. Невозможность допустить равнобѣрное движеніе всѣхъ небесныхъ тѣлъ около земли . . . . .	29
V. Отсутствие центра движенія . . . . .	30
§ 12. Возраженія противъ гипотезы о вращеніи земли . . . . .	30
§ 13. Физическія доказательства вращенія земли . . . . .	32
I. Паденіе тѣлъ съ большой высоты . . . . .	32
II. Пассаты . . . . .	33
III. Сжатіе земли, центробѣжная сила . . . . .	34
§ 14. Сила тяжести, масса и плотность тѣлъ . . . . .	35
§ 15. Различныя величины силы тяжести на поверхности земли . . . . .	36
§ 16. Опредѣленіе напряженія силы тяжести при помощи наблюденій надъ качаніями маятника . . . . .	38
§ 17. Дальнѣйшія доказательства вращенія земли . . . . .	40
I. Ходъ часовъ . . . . .	40
II. Опытъ Фуко . . . . .	41
§ 18. Слѣдствія вращенія земли; перемѣна въ счетъ чиселъ . . . . .	47
<b>Глава III. Годовое движеніе земли.</b>	
§ 19. Явленія, на основаніи которыхъ можетъ быть замѣчено годовое движеніе солнца . . . . .	49
§ 20. Путь солнца наклоненъ къ экватору . . . . .	50
§ 21. Опредѣленіе положенія пути солнца относительно экватора . . . . .	51
§ 22. Одновременное опредѣленіе наклонности эклиптики и высоты полюса . . . . .	53
§ 23. Гномонъ . . . . .	54
§ 24. Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики . . . . .	55
§ 25. Опредѣленіе прямыхъ восходящей звѣздъ и положенія равноденственныхъ точекъ . . . . .	56
§ 26. Составленіе звѣздныхъ каталоговъ . . . . .	58
§ 27. Двойное объясненіе годового движенія солнца . . . . .	58
§ 28. Вѣроятность положенія солнца, какъ важнѣйшаго тѣла нашей планетной системы, въ ея центрѣ . . . . .	60
§ 29. Земля движется вокругъ несравненно большаго солнца . . . . .	60
§ 30. Сравненіе земли съ другими планетами . . . . .	60

	Стр.
§ 31. Годовое движеніе земли есть слѣдствіе ея суточного движенія . . . . .	62
<b>Глава IV. Времена года.</b>	
§ 32. Выгоды и причины сѣбны временъ года . . . . .	63
§ 33. Объясненіе четырехъ временъ года . . . . .	64
§ 34. Жаркій, холодный и умѣренный поясы земной поверхности . . . . .	67
§ 35. Климаты древнихъ . . . . .	69
§ 36. Свѣжая граница и изотермы . . . . .	70
§ 37. Явленія, которыя наблюдались бы при иной наклонности эклиптики . . . . .	71

<b>Глава V. Параллаксъ свѣтилъ и разстоянія послѣднихъ отъ земли.</b>	
§ 38. Кажущееся движеніе предметовъ . . . . .	71
§ 39. Опредѣленіе неприступныхъ точекъ и линій на поверхности земли . . . . .	72
§ 40. Суточный параллаксъ свѣтилъ . . . . .	74
§ 41. Опредѣленіе суточного параллакса . . . . .	75
§ 42. Точность опредѣленія разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земли . . . . .	76
§ 43. Опредѣленіе размѣровъ небесныхъ тѣлъ . . . . .	77
§ 44. Годичный параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ . . . . .	78

<b>Глава VI. Аберрація неподвижныхъ звѣздъ.</b>	
§ 45. Первые, сюда относящіеся явленія . . . . .	79
§ 46. Опредѣленіе скорости свѣта . . . . .	81
§ 47. Сложеніе и разложеніе скоростей . . . . .	85
§ 48. Объясненіе явленія аберраціи . . . . .	87
§ 49. Краткій обзоръ всего предыдущаго . . . . .	88

<b>Глава VII. Прецессія и нутація.</b>	
§ 50. Предвареніе равноденствій . . . . .	89
§ 51. Вліяніе прецессіи на видъ неба . . . . .	89
§ 52. Полярныя звѣзды для различныхъ эпохъ . . . . .	90
§ 53. Знаки зодіака и зодіакальныя созвѣздія . . . . .	91
§ 54. Нѣкоторыя хронологическія изслѣдованія . . . . .	91

	Стран.		Стран.
§ 55. Нѣкоторыя историческія свѣдѣнія объ астрономіи древнихъ народовъ . . . . .	92	§ 82. Вычисленіе гелиоцентрическаго положенія планеты, средняя и истинная аномалія . . . . .	123
§ 56. Нутація . . . . .	94	§ 83. Таблицы движенія планеть . . . . .	124
§ 57. Заключеніе . . . . .	94	§ 84. Опредѣленіе времени обращенія планеты около солнца. Сидерическія обращенія . . . . .	125
<b>Глава VIII. Планетныя системы.</b>			
§ 58. Различныя движенія планеть . . . . .	95	§ 85. Тропическія обращенія . . . . .	126
§ 59. Движенія нижнихъ планеть . . . . .	96	§ 86. Синодическія обращенія . . . . .	126
§ 60. Движенія верхнихъ планеть . . . . .	97	§ 87. Опредѣленіе сидерическаго обращенія планеты по синодическому . . . . .	127
§ 61. Первое неравенство въ движеніи планеть, сидерическія обращенія . . . . .	99	§ 88. Опредѣленіе разстояній отъ планеты до солнца . . . . .	129
§ 62. Второе неравенство въ движеніи планеть, синодическія обращенія . . . . .	99	§ 89. Опредѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ . . . . .	130
§ 63. Основныя положенія теоріи, предложенной древними астрономами для объясненія движенія планеть . . . . .	100	§ 90. Опредѣленіе положенія линіи апсидъ . . . . .	130
§ 64. Объясненіе перваго неравенства, эксцентрической кругъ . . . . .	101	§ 91. Движеніе апсидъ . . . . .	131
§ 65. Объясненіе втораго неравенства, эпициклы и деференты . . . . .	102	§ 92. Продолжительность времени года въ различныхъ столѣтіяхъ . . . . .	131
§ 66. Опредѣленіе времени обращенія планеты по эпициклу и центра эпицикла по деференту . . . . .	103	§ 93. Измѣреніе времени. Звѣздное время . . . . .	133
§ 67. Планетная система Птолемея . . . . .	104	§ 94. Истинное солнечное время . . . . .	134
§ 68. Египетская планетная система . . . . .	105	§ 95. Среднее время . . . . .	134
§ 69. Планетная система Коперника . . . . .	106	§ 96. Уравненіе времени . . . . .	135
§ 70. Планетная система Тихо-Браге . . . . .	110	§ 97. Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и обратно . . . . .	135
§ 71. Недостатокъ планетной системы Коперника . . . . .	111	§ 98. Введеніе средняго времени въ гражданскую жизнь . . . . .	138
§ 72. Первый законъ Кеплера . . . . .	111	§ 99. Нормальное время . . . . .	139
§ 73. Другое выраженіе перваго закона Кеплера . . . . .	113	<b>Глава X. Луныя и солнечныя затменія.</b>	
§ 74. Исслѣдованія истиннаго вида кривой, описываемой любой изъ планеть около солнца . . . . .	114	§ 100. Лунныя затмѣнія . . . . .	141
§ 75. Свойства эллипса . . . . .	116	§ 101. Предвычисленіе луннаго затмѣнія . . . . .	145
§ 76. Второу законъ Кеплера . . . . .	117	§ 102. Солнечныя затменія . . . . .	147
§ 77. Третій законъ Кеплера . . . . .	117	§ 103. Обстоятельства, сопровождающія солнечное затмѣніе . . . . .	150
§ 78. Постоянная, характеризующая солнечную систему . . . . .	119	<b>Глава XI. Земная атмосфера.</b>	
<b>Глава IX. Опредѣленіе элементовъ планетныхъ орбитъ и измѣреніе времени.</b>			
§ 79. Гелиоцентрическія и геоцентрическія положенія планеты . . . . .	120	§ 104. Высота и плотность атмосферы . . . . .	152
§ 80. Наклонность планетныхъ орбитъ; восходящій и нисходящій узлы . . . . .	121	§ 105. Рефракція . . . . .	153
§ 81. Долгота планеты въ орбитѣ, долгота въ эклиптикѣ, широта, аргументъ широты . . . . .	122	§ 106. Рефракція на горизонтѣ . . . . .	155
		§ 107. Мерцаніе звѣздъ . . . . .	156
		§ 108. Земная рефракція . . . . .	157
		§ 109. Отраженіе солнечныхъ лучей атмосферой . . . . .	157
		§ 110. Сумерки . . . . .	158
		§ 111. Поглощеніе свѣта атмосферой . . . . .	159
		§ 112. Оптическое обманъ . . . . .	160
		§ 113. Зодіакальный свѣтъ . . . . .	162

## Глава XII. Употребленіе небеснаго и земнаго глобусовъ и звѣздныхъ картъ.

## А. Небесный глобусъ.

	Стран.
§ 114. Устройство небеснаго глобуса . . . . .	164
§ 115. Установка глобуса . . . . .	165
§ 116. Задачи, рѣшаемыя при помощи небеснаго глобуса . . . . .	165
I. Воспроизвести видъ небесной сферы такъ, какъ онъ представляется наблюдателю въ данный моментъ . . . . .	165
II. Найти околополярныя звѣзды для даннаго мѣста . . . . .	166
III. Определить положеніе планеты или солнца среди неподвижныхъ звѣздъ . . . . .	166
IV. Зная прямое восхожденіе и склоненіе какого-нибудь свѣтила, найти его долготу и широту . . . . .	166
V. Определить время восхода и захода солнца . . . . .	166
VI. Определить времена кульминаціи, восхода и захода какого-нибудь свѣтила . . . . .	167
VII. Определить космическіе восходъ и заходъ звѣзды . . . . .	167
VIII. Определить высоту и азимутъ звѣзды для даннаго мѣста и для даннаго момента . . . . .	167
IX. Найти звѣздное время, соответствующее данному среднему . . . . .	168
X. Найти день, когда солнце восходитъ и заходитъ въ определенное, заранее заданное время . . . . .	168
XI. Опредѣленіе времени . . . . .	168
XII. Употребленіе экватора вмѣсто розы . . . . .	169

## В. Земной глобусъ.

§ 117. Задачи, рѣшаемыя при помощи земнаго глобуса . . . . .	170
I. Времена года . . . . .	170
II. Опредѣленіе положенія даннаго мѣста на поверхности земли, определеніе взаимнаго разстоянія между двумя точками земнаго шара и т. д. . . . .	171
III. Опредѣленіе времени восхода и захода солнца при помощи земнаго глобуса . . . . .	172
IV. Какимъ образомъ земля освѣщается солнцемъ въ данный моментъ . . . . .	173
V. Определить продолжительность самаго длиннаго и самаго короткаго дней для даннаго мѣста . . . . .	174

## С. Звѣздныя карты.

	Стран.
§ 118. Звѣздныя карты и ихъ употребленіе . . . . .	174
§ 119. Изученіе созвѣздіи по способу соединенія отдѣльныхъ звѣздъ прямыми линіями . . . . .	175
§ 120. Названія звѣздъ . . . . .	179
§ 121. Таблицы процессіи . . . . .	182

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

## Описательная астрономія или топографія неба.

## Глава I. Солнце.

§ 1. Масса, размѣры и плотность солнца . . . . .	186
§ 2. Свободное паденіе тѣлъ на поверхности солнца . . . . .	187
§ 3. Гипотеза истеченія свѣтового вещества и гипотеза волнообразнаго колебанія зенита . . . . .	188
§ 4. Принципы сохраненія энергіи . . . . .	191
§ 5. Свѣтвыя волны . . . . .	194
§ 6. Поляризація . . . . .	196
§ 7. Дополнительныя цвѣта . . . . .	199
§ 8. Спектръ . . . . .	200
§ 9. Невидимыя части спектра . . . . .	205
§ 10. Видъ солнца въ зрительную трубу. Пятна и факелы . . . . .	208
§ 11. Измѣненія формы пятенъ . . . . .	209
§ 12. Размѣры пятенъ . . . . .	210
§ 13. Цвѣтъ и строеніе пятенъ . . . . .	212
§ 14. Периодическія измѣненія числа солнечныхъ пятенъ . . . . .	213
§ 15. Распредѣленіе солнечныхъ пятенъ . . . . .	216
§ 16. Законы образованія пятенъ . . . . .	217
§ 17. Вращеніе солнца . . . . .	218
§ 18. Собственное движеніе пятенъ . . . . .	220
§ 19. Определеніе вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ . . . . .	222
§ 20. Открытіе пятенъ . . . . .	227
§ 21. Связь между солнечными пятнами и другими явленіями . . . . .	229
§ 22. Определеніе времени вращенія солнца косвеннымъ путемъ . . . . .	234
§ 23. Факелы . . . . .	235
§ 24. Солнечная атмосфера . . . . .	236
§ 25. Явленія, наблюдаемыя во время полныхъ солнечныхъ затмѣній . . . . .	239



	СТРАН.
§ 26. Спектральныя наблюденія протуберанцевъ, хромосферы и солнечныхъ пятенъ . . . . .	245
§ 27. Физическое строеніе солнца . . . . .	252
§ 28. Яркость солнечнаго свѣта и температура солнца . . . . .	255
§ 29. Поддержаніе солнечной теплоты . . . . .	257

#### Глава II. Гипотетическія интрамеркуріальныя планеты.

§ 30. Теоретическія соображенія . . . . .	262
§ 31. Кажущееся подтвержденіе соображеній, развитыхъ въ предыдущемъ параграфѣ . . . . .	263
§ 32. Окончательныя изслѣдованія Лаверье и Опольцера . . . . .	267
§ 33. Критическія замѣчанія Петерса . . . . .	268
§ 34. Заключение . . . . .	271

#### Глава III. Меркурій.

§ 35. Общія свѣдѣнія . . . . .	272
§ 36. Фазы Меркурія . . . . .	274
§ 37. Условія видимости Меркурія . . . . .	275
§ 38. Вращеніе Меркурія . . . . .	276
§ 39. Освѣщеніе Меркурія солнцемъ . . . . .	277
§ 40. Атмосфера Меркурія . . . . .	279
§ 41. Прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ . . . . .	280

#### Глава IV. Венера.

§ 42. Общія свѣдѣнія . . . . .	282
§ 43. Время обращенія Венеры и ея разстоянія отъ солнца и земли . . . . .	283
§ 44. Фазы Венеры и условія ея видимости . . . . .	284
§ 45. Атмосфера, пятна и горы Венеры . . . . .	286
§ 46. Вращеніе Венеры . . . . .	287
§ 47. Слѣдствія вращенія Венеры около оси . . . . .	289
§ 48. Спутникъ Венеры . . . . .	289
§ 49. Важное значеніе наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ . . . . .	291
§ 50. Условія, при которыхъ возможны прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ . . . . .	292
§ 51. Первые наблюденія прохожденій Венеры . . . . .	293
§ 52. Прежнія попытки опредѣленія солнечнаго параллакса . . . . .	294
§ 53. Прохожденіе Венеры 1769 года . . . . .	295
§ 54. Способъ опредѣленія солнеч-	

	СТРАН.
наго параллакса изъ наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ . . . . .	296
§ 55. Затрудненія, встрѣчающіяся при наблюденіяхъ надъ прохожденіемъ Венеры . . . . .	299
§ 56. Прохожденія Венеры 1874 и 1882 годовъ . . . . .	300
§ 57. Другіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса . . . . .	301

#### Глава V. Марсъ.

§ 58. Общія свѣдѣнія . . . . .	303
§ 59. Вращеніе Марса . . . . .	305
§ 60. Времена года на Марсѣ . . . . .	306
§ 61. Топографія Марса . . . . .	307
§ 62. Измѣненія, происходящія на поверхности Марса . . . . .	311
§ 63. Атмосфера Марса . . . . .	314
§ 64. Жители Марса . . . . .	315

#### Глава VI. Астероиды.

§ 65. Законъ Боде-Тичіуса . . . . .	317
§ 66. Открытіе первыхъ астероидовъ . . . . .	318
§ 67. Второй періодъ въ исторіи открытій астероидовъ . . . . .	323
§ 68. Краткій обзоръ предыдущаго . . . . .	341
§ 69. Третій періодъ въ исторіи открытій астероидовъ . . . . .	344
§ 70. Число астероидовъ . . . . .	352
§ 71. Размѣры астероидовъ . . . . .	356
§ 72. Масса астероидовъ и ихъ происхожденіе . . . . .	359
§ 73. Распрежденіе орбитъ астероидовъ . . . . .	360
§ 74. Возможность взаимнаго сближенія астероидовъ . . . . .	362

#### Глава VII. Юпитеръ.

§ 75. Общія свѣдѣнія . . . . .	365
§ 76. Отличіе четырехъ наиболее удаленныхъ планетъ нашей солнечной системы отъ ближайшихъ . . . . .	368
§ 77. Полосы и пятна на поверхности Юпитера . . . . .	369
§ 78. Вращеніе Юпитера около оси и его сжатіе . . . . .	371
§ 79. Атмосфера Юпитера и его строеніе . . . . .	373
§ 80. Климаты и времена года на поверхности Юпитера . . . . .	376

## Глава VIII. Сатурнъ.

	Стран.
§ 81. Общія свѣдѣнія . . . . .	377
§ 82. Полосы на поверхности Сатурна и его атмосфера . . . . .	378
§ 83. Вращеніе и скатіе Сатурна . . . . .	379
§ 84. Система колець Сатурна . . . . .	381
§ 85. Измѣненія видимой формы колець Сатурна . . . . .	383
§ 86. Вращеніе колець и ихъ физическое строеніе . . . . .	386
§ 87. Размѣры Сатурна и его колець . . . . .	389
§ 88. Видъ кольца съ Сатурна . . . . .	391

## Глава IX. Уранъ.

§ 89. Разстояніе и время обращенія Урана . . . . .	393
§ 90. Открытіе Урана и общія свѣдѣнія о немъ . . . . .	393
§ 91. Вращеніе, скатіе и спектръ Урана . . . . .	394
§ 92. Времена года на Уранѣ . . . . .	395

## Глава X. Нептунъ.

§ 93. Неправильности въ движеніи Урана; догадки о существованіи планеты за Ураномъ . . . . .	396
§ 94. Боле точныя изслѣдованія движенія Урана. Леверье . . . . .	399
§ 95. Открытіе новой планеты и ея названіе . . . . .	404
§ 96. Работы Адамса, касающіяся теоріи Урана . . . . .	405
§ 97. Заключительныя замѣчанія. Общія свѣдѣнія относительно Нептуна . . . . .	408
§ 98. Существуют ли транснептунальныя планеты . . . . .	410
§ 99. Жители планеть . . . . .	410

## Глава XI. Луна.

§ 100. Время обращенія луны около земли и ея разстояніе отъ этой послѣдней . . . . .	411
§ 101. Фазы луны . . . . .	413
§ 102. Фазы земли, видимыя съ поверхности луны . . . . .	416
§ 103. Пепельный свѣтъ луны . . . . .	417
§ 104. Меридіональныя высоты луны во время полнолунія лѣтомъ и зимой . . . . .	418
§ 105. Вращеніе луны около оси . . . . .	418
§ 106. Времена года и смѣна дней и ночей на лунѣ . . . . .	419

Стран.

§ 107. Лунная атмосфера и вода на лунѣ . . . . .	421
§ 108. Какой видъ имѣеть небо съ поверхности луны . . . . .	422
§ 109. Передняя и задняя стороны луны . . . . .	424
§ 110. Вліяніе луны на землю . . . . .	424
§ 111. Размышленія о путешествіи на луну . . . . .	425
§ 112. Видъ луны . . . . .	427
§ 113. Горныя цѣпи, борозды, свѣтлыя полосы и т. д. . . . .	430
§ 114. Кольцеобразныя горы на лунѣ . . . . .	434
§ 115. Измѣреніе высоты лунныхъ горъ . . . . .	436
§ 116. Топографія луны . . . . .	438
§ 117. Перемены на поверхности луны . . . . .	440
§ 118. Жители луны . . . . .	442
§ 119. Сношенія съ жителями луны . . . . .	444

## Глава XII. Спутники внѣшнихъ планеть.

## I. Спутники Марса.

§ 120. Открытіе спутниковъ Марса . . . . .	445
§ 121. Размѣры спутниковъ Марса и ихъ движеніе . . . . .	450

## II. Спутники Юпитера.

§ 122. Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера . . . . .	452
§ 123. Затмѣнія спутниковъ Юпитера и ихъ прохожденія передъ дискомъ планеты . . . . .	453
§ 124. Замѣчательное соотношеніе между движеніями спутниковъ Юпитера . . . . .	456
§ 125. Примѣненіе вышеуказаннаго соотношенія къ астрономическимъ изслѣдованіямъ . . . . .	457
§ 126. Элементы орбитъ четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера, размѣры и физическія свойства этихъ небесныхъ тѣлъ . . . . .	458
§ 127. Открытіе пятого спутника Юпитера и общія свѣдѣнія о немъ . . . . .	460
§ 128. Видъ неба со спутниковъ Юпитера . . . . .	461

## III. Спутники остальныхъ планеть.

§ 129. Спутники Сатурна . . . . .	461
§ 130. Спутники Урана . . . . .	464
§ 131. Спутникъ Нептуна . . . . .	465
§ 132. Возможные спутники Меркурія и Венеры . . . . .	466

Глава XIII. Кометы.

	Стран.
§ 133. Число кометъ . . . . .	467
§ 134. Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики .	467
§ 135. Видъ и размѣры кометъ .	468
§ 136. Самыя большія кометы . .	471
§ 137. Собственный свѣтъ и спектры кометъ . . . . .	473
§ 138. Прозрачность кометъ, ихъ масса и плотность .	474
§ 139. Вычисленіе кометныхъ орбитъ .	475
§ 140. Комета Галлея . . . . .	480
§ 141. Первое отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея .	481
§ 142. Второе и третье достоверныя появленія кометы Галлея . .	482
§ 143. Четвертое появленіе кометы Галлея .	483
§ 144. Пятое появленіе кометы Галлея . . . . .	484
§ 145. Шестое появленіе кометы Галлея . . . . .	485
§ 146. Явленія, наблюдавшіяся въ кометѣ Галлея во время ея появленія въ 1835 г. . . . .	485
§ 147. Комета 1862 III . . . . .	488
§ 148. Комета Энке . . . . .	489
§ 149. Комета Біалы . . . . .	491
§ 150. Замѣчанія относительно столкновенія кометъ съ землею .	493
§ 151. Периодическая комета Фая .	496
§ 152. Построеніе модели кометной орбиты . . . . .	497
§ 153. Комета 1844 I и 1894 IV .	498
§ 154. Комета Брорзена . . . . .	501
§ 155. Кометы 1770 I и 1889 V .	502
§ 156. Комета Хольмеса . . . . .	505
§ 157. Большая комета 1843 года .	507
§ 158. Большая южная комета 1880 г. .	515
§ 159. Большая комета 1882 года .	518
§ 160. Комета Довати . . . . .	525
§ 161. Большая комета 1861 года .	531
§ 162. Комета Коджіа . . . . .	533
§ 162. а. Фотографированіе кометъ .	534
§ 163. Природа кометъ . . . . .	536
§ 164. Значеніе и вліяніе, которыя прежде приписывались кометамъ . . . . .	540
§ 165. Обитатели кометъ . . . . .	542

Глава XIV. Падающія звѣзды.

§ 166. Общія свѣдѣнія о падающихъ звѣздахъ .	542
§ 167. Паденіе аэролитовъ . . . . .	544

Стран.

§ 168. Высота, на которой появляются метеоры, масса метеоровъ и періодическія замѣненія въ числѣ наблюдаемыхъ метеоровъ . . . . .	551
§ 169. Спорадическіе метеоры и періодическіе метеорные потоки .	558
§ 170. Провожденіе метеорныхъ колецъ . . . . .	562
§ 171. Положеніе кометъ и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ . . . . .	565
§ 172. Подробныя свѣдѣнія о четырехъ важнѣйшихъ метеорныхъ потокахъ . . . . .	567

Глава XV. Число неподвижныхъ звѣздъ, ихъ разстояніе отъ земли и размѣры.

§ 173. Видимая величина звѣздъ и ихъ цвѣтъ . . . . .	575
§ 174. Замѣненія яркости и цвѣта звѣздъ . . . . .	578
§ 175. Историческія свѣдѣнія относительно параллаксевъ неподвижныхъ звѣздъ . . . . .	579
§ 176. Точныя опредѣленія параллаксевъ неподвижныхъ звѣздъ .	582
§ 177. Размѣры неподвижныхъ звѣздъ и сравненіе ихъ яркости съ яркостью нашего солнца .	585
§ 178. Физическія свойства звѣздъ .	588
§ 179. Число звѣздъ . . . . .	592
§ 180. Распредѣленіе звѣздъ въ пространствѣ . . . . .	596
§ 181. Описаніе млечнаго пути . . . . .	600
§ 182. Другіе млечные пути . . . . .	602
§ 183. Собственныхъ движенія звѣздъ .	604
§ 184. Движеніе нашего солнца въ пространствѣ . . . . .	608

Глава XVI. Двойныя звѣзды.

§ 185. Области неба, богатыя звѣздами .	610
§ 186. Раздѣленіе двойныхъ звѣздъ на классы, яркость составляющихъ въ двойныхъ звѣздахъ, число и распредѣленіе двойныхъ звѣздъ . . . . .	611
§ 187. Тройныя и вообще кратныя звѣзды . . . . .	613
§ 188. Цвѣта двойныхъ звѣздъ . . . . .	614
§ 189. Движеніе двойныхъ звѣздъ .	616
§ 190. Опредѣленіе орбитъ двойныхъ звѣздъ . . . . .	618
§ 191. Подробности относительно некоторыхъ двойныхъ звѣздъ .	619

	Стран.		Стран.
§ 192. Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ . . . . .	627	§ 2. Свободное паденіе тѣла на земной поверхности . . . . .	691
§ 193. Орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ; видъ неба съ этихъ планетъ . . . . .	629	§ 3. Предшественники Ньютона . . . . .	693
§ 194. Намѣчивость собственнаго движенія нѣкоторыхъ неподвижныхъ звѣздъ . . . . .	631	§ 4. Первые мысли Ньютона относительно закона всемірнаго тяготѣнія . . . . .	695
§ 195. Открытіе двойныхъ звѣздъ при помощи спектроскопа . . . . .	635	§ 5. Какъ дѣйствуетъ сила притяженія . . . . .	696
§ 196. Исторія открытія двойныхъ звѣздъ . . . . .	637	§ 6. Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся и находящіяся въ покоѣ тѣла . . . . .	698
Глава XVII. Переменные звѣзды		§ 7. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ лунѣ . . . . .	699
§ 197. Общія свѣдѣнія о переменныхъ звѣздахъ . . . . .	639	§ 8. Дальнѣйшія изслѣдованія Ньютона . . . . .	701
§ 198. Подробныя свѣдѣнія о переменныхъ звѣздахъ . . . . .	642	§ 9. Старое преданіе о томъ, какъ Ньютонъ открылъ законъ всемірнаго тяготѣнія . . . . .	702
§ 199. Старинныя извѣстія о временныхъ, или новыхъ звѣздахъ . . . . .	657	§ 10. Краткое содержаніе «Principia» Ньютона . . . . .	704
§ 200. Природа переменныхъ звѣздъ . . . . .	658	§ 11. Общность закона всемірнаго тяготѣнія . . . . .	705
Глава XVIII. Звѣздныя скопленія и туманности.		§ 12. Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли . . . . .	706
§ 201. Образованія, подобныя млечному пути . . . . .	660	§ 13. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ искусственной лунѣ . . . . .	707
§ 202. Звѣздныя скопленія . . . . .	662	§ 14. Принципъ сохраненія площадей при движеніи подъ вліяніемъ центральной силы . . . . .	708
§ 203. Большія туманности . . . . .	667	§ 15. Коническія свѣченія . . . . .	709
§ 204. Туманности правильной формы . . . . .	669	§ 16. Условія, при которыхъ орбита будетъ эллиптической или гиперболической . . . . .	711
§ 205. Двойныя туманности . . . . .	670	§ 17. Вѣроятность эллиптической орбиты . . . . .	713
§ 206. Планетарныя и кольцеобразныя туманности . . . . .	670	§ 18. Центръ свободнаго вращенія планетъ . . . . .	714
§ 207. Туманныя звѣзды . . . . .	672	§ 19. Свободная ось вращенія . . . . .	714
§ 208. Звѣзды съ туманными лучами . . . . .	674	§ 20. Устойчивость осей вращенія планетъ . . . . .	715
§ 209. Спиральныя туманности . . . . .	675	Глава II Масса, плотность и фигура небесныхъ тѣлъ.	
§ 210. Нѣкоторыя другія замѣчательныя туманности . . . . .	677	§ 21. Болѣе подробное разсмотрѣніе закона всемірнаго тяготѣнія . . . . .	716
§ 211. Туманность въ Андромедѣ . . . . .	679	§ 22. Опредѣленіе ускоренія силы тяжести на небесныхъ тѣлахъ . . . . .	718
§ 212. Большая туманность въ Орионѣ . . . . .	679	§ 23. Опредѣленіе массы солнца . . . . .	719
§ 213. Звѣздныя скопленія и туманности южнаго неба . . . . .	681	§ 24. Опредѣленіе массъ планетъ и двойныхъ звѣздъ . . . . .	720
§ 214. Собственныя движенія туманныхъ пятенъ и измѣненія, происходящія въ этихъ небесныхъ тѣлахъ . . . . .	682	§ 25. Сжатіе какъ результатъ вращенія . . . . .	721
§ 215. Природа туманныхъ пятенъ . . . . .	686	§ 26. Положеніе земной оси въ прежнія времена . . . . .	722
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ.		§ 27. Неизмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси . . . . .	724
Физическая астрономія или законы небесныхъ движеній.			
Глава I. Всемірное тяготѣніе.			
§ 1. Мгновенныя и непрерывныя силы . . . . .	690		

	Стран.
§ 28. Внутренняя теплота земли . . . . .	725
§ 29. Постоянство средней температуры земли въ историческія времена . . . . .	726
§ 30. Возрастъ земли и планетъ . . . . .	728
§ 31. Температура мирового пространства . . . . .	728
§ 32. Плотность небесныхъ тѣлъ . . . . .	729
§ 33. Плотность земли . . . . .	729

### Глава III. Морскіе и атмосферные приливы и отливы.

§ 34. Явленіе приливовъ и отливовъ . . . . .	731
§ 35. Причина приливовъ и отливовъ . . . . .	732
§ 36. Мѣстныя условія, измѣняющія явленіе приливовъ и отливовъ; прикладной часть . . . . .	732
§ 37. Объясненіе приливовъ и отливовъ . . . . .	734
§ 38. Опредѣленіе массы луны; исторія теоріи приливовъ и отливовъ . . . . .	735
§ 39. Атмосферные приливы и отливы . . . . .	736

### Глава IV. Возмущенія планетъ вообще.

§ 40. Трудность опредѣленія возмущеній . . . . .	737
§ 41. Обстоятельства, облегчающія рѣшеніе задачи. I. Большія разстоянія свѣтилъ отъ земли . . . . .	737
§ 42. II. Незначительность планетныхъ массъ въ сравненіи съ массой солнца . . . . .	738
§ 43. III. Незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ . . . . .	739
§ 44. IV. Большія взаимныя разстоянія планетъ . . . . .	740
§ 45. Задача о трехъ тѣлахъ . . . . .	740

### Глава V. Периодическія возмущенія.

§ 46. Два рода возмущеній . . . . .	741
§ 47. Периодическія возмущенія луны. I. Эвекція . . . . .	741
§ 48. II. Варіація . . . . .	743
§ 49. III. Болѣе мелкія возмущенія луннаго движенія . . . . .	743
§ 50. Опредѣленіе солнечнаго параллакса и сжатія земли изъ возмущенія луны . . . . .	744
§ 51. Периодическія и частныя возмущенія планетъ . . . . .	745

	Стран.
§ 52. Большое неравенство въ движеніи Юпитера и Сатурна . . . . .	746

### Глава VI. Вѣковыя возмущенія.

§ 53. Вѣковыя возмущенія луны, движеніе линіи узловъ . . . . .	747
§ 54. Движеніе линіи апсидъ лунной орбиты . . . . .	748
§ 55. Наглядное представленіе движенія линіи апсидъ лунной орбиты . . . . .	748
§ 56. Ускореніе средняго движенія . . . . .	751
§ 57. Вѣковыя возмущенія въ движеніи линіи апсидъ и линіи узловъ . . . . .	752
§ 58. Вѣковыя измѣненія вращенія луны . . . . .	752
§ 59. Видимыя либраціи луны . . . . .	753
§ 60. Вѣковыя возмущенія планетъ . . . . .	754
§ 61. Измѣненіе длины тропическаго года . . . . .	755
§ 62. Вліяніе возмущеній на время года . . . . .	757
§ 63. Вѣковыя возмущенія какъ средство для опредѣленія массы . . . . .	757
§ 63,а. Движеніе земли въ пространствахъ . . . . .	758

### Глава VII. Происхожденіе и продолжительность существованія вселенной.

§ 64. Старѣйшія космогоническія гипотезы . . . . .	758
§ 65. Особенности устройства планетной системы . . . . .	761
§ 66. Гипотеза Канта-Лапласа . . . . .	761
§ 66,а. Новѣйшія возрѣнія на происхожденіе небесныхъ тѣлъ . . . . .	765
§ 67. Общія замѣчанія относительно прочности системы міра . . . . .	768
§ 68. Невзмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ . . . . .	769
§ 69. Измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ тѣсныхъ предѣлахъ . . . . .	770
§ 70. Другія причины устойчивости солнечной системы . . . . .	771
§ 71. Необходимое ограниченіе вышеприведенныхъ соображеній . . . . .	772

## ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

Наблюдательная астрономія, или описаніе и употребленіе астрономическихъ инструментовъ.

	Стран.
§ 1. Предварительныя замѣчанія . . . . .	774
§ 2. Инструменты древнихъ. Гномонъ . . . . .	777
§ 3. Древніе инструменты: триквентръ, квадрантъ, астролябія, армиллярная сфера . . . . .	778
§ 4. Стѣнной квадрантъ . . . . .	782
§ 5. Изобрѣтеніе и устройство зрительной трубы . . . . .	784
§ 6. Постепенное усовершенствованіе зрительныхъ трубъ . . . . .	789
§ 7. Примѣненіе зрительныхъ трубъ къ изобрѣтательнымъ инструментамъ . . . . .	795
§ 8. Отражательный секстантъ Гадлея . . . . .	798
§ 9. Повѣрка отражательнаго секстанта . . . . .	799
§ 10. Наблюденія отражательнымъ секстантомъ . . . . .	800
§ 11. Опредѣленіе времени вообще . . . . .	802
§ 12. Дислейдоскопъ Дента и пассажная призма Штейнгейля . . . . .	805
§ 13. Приборъ Эбле для опредѣленія времени . . . . .	807
§ 14. Опредѣленіе времени по соотвѣствующимъ высотамъ . . . . .	808
§ 15. Кронштейкъ . . . . .	810
§ 16. О солнечныхъ часахъ вообще . . . . .	811
§ 17. Горизонтальные часы . . . . .	812
§ 18. Экваторіальные часы . . . . .	815
§ 19. Солнечные часы на любой поверхности . . . . .	816
§ 20. Опредѣленіе поправки и хода часовъ . . . . .	817
§ 21. Устройство часовъ . . . . .	820
§ 22. Испытаніе хронометровъ . . . . .	822
§ 23. Уровель или ватерпасъ . . . . .	824
§ 24. Полуденная труба . . . . .	827
§ 25. Повѣрка полуденной трубы . . . . .	828
§ 26. Наблюденія полуденной трубою . . . . .	832
§ 27. Меридианный кругъ . . . . .	835
§ 28. Опредѣленіе ошибки индекса меридианнаго круга . . . . .	837
§ 29. Историческія замѣчанія о меридианномъ кругѣ . . . . .	839
§ 30. Универсальный инструментъ . . . . .	842
§ 31. Повѣрка универсальнаго инструмента . . . . .	844

	Стран.
§ 32. Теодолитъ. Вертикальный кругъ . . . . .	846
§ 33. Экваторіалахъ . . . . .	847
§ 34. Вывѣрка экваторіала . . . . .	849
§ 35. Часовой механизмъ экваторіала . . . . .	851
§ 36. Историческія замѣчанія объ экваторіалахъ . . . . .	852
§ 37. Наблюденія съ экваторіаломъ . . . . .	858
§ 38. Винтовой микрометръ . . . . .	860
§ 39. Позаціонный микрометръ . . . . .	861
§ 40. Кольцевой микрометръ . . . . .	863
§ 41. Гелиометръ . . . . .	864
§ 41, а. Астрофизическіе приборы . . . . .	867
§ 42. Поперечный масштабъ, верньеръ и микроскопъ для отсчитыванія дѣленій . . . . .	875
§ 43. Опредѣленіе долготы мѣста изъ наблюденій падающихъ звѣздъ, свѣтовыхъ сигналовъ и затмѣній . . . . .	877
§ 44. Опредѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ и по кульминаціямъ луны . . . . .	879
§ 45. Опредѣленіе долготы по телеграфу и перевозкой хронометровъ . . . . .	881
§ 46. Морская астрономія . . . . .	882
§ 47. Систематическія и случайныя ошибки . . . . .	887
§ 48. Способъ наименьшихъ квадратовъ . . . . .	890
§ 49. Обсерваторіи . . . . .	891
§ 50. Важность любительскихъ работъ въ астрономіи . . . . .	899

## ПРИЛОЖЕНІЕ.

Элементы планетъ, спутниковъ и кометъ нашей солнечной системы.	
Обзоръ планетной системы . . . . .	1
А. Элементы орбитъ большихъ планетъ . . . . .	8
В. Элементы орбитъ спутниковъ . . . . .	9
*С. I. Алфавитный списокъ астероидовъ . . . . .	12
С. II. Элементы орбитъ астероидовъ* . . . . .	15
Списокъ вычисленныхъ кометъ . . . . .	30
Примѣчанія къ списку кометъ . . . . .	42
Сопоставленіе періодическихъ кометъ, которыя наблюдались не мѣнѣе какъ въ двухъ прохожденіяхъ черезъ перигелий . . . . .	50
Предметный указатель . . . . .	57

# Отдѣльныя иллюстраціи.

## А. Цвѣтныя таблицы.

Къ стран.

1. Частное затмѣніе луны 3 августа 1887 года . . . . .	144
2. Сѣверное звѣздное небо . . . . .	174
3. Южное звѣздное небо . . . . .	178
4. Спектры лучеспусканія и поглощенія . . . . .	202
5. Солнечные протуберанцы . . . . .	247
6. Марсъ . . . . .	308
7. Карта луны . . . . .	428
8. Спектры небесныхъ тѣлъ . . . . .	589

## Б. Черныя таблицы.

1. Портретъ І. І. Литрова, автора книги «Тайны неба» . . . . .	1
2. Портреты Птолемея, Коперника, Тихо-Браге и Кеплера . . . . .	112
3. Фотографическій снимокъ солнца сдѣланный 9 февраля 1892 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ . . . . .	209
4. Солнечная грануляція. Солнечное пятно, наблюдавшееся въ Неапол. 27 сентября 1826 года . . . . .	210
5. Портреты Гюйгенса, Ньютона, Фраунгофера, Р. Вольфа . . . . .	214
6. Венера въ 1897 году, по рисункамъ, сдѣланнымъ на обсерваторіи въ Жювизи . . . . .	287
7. Портреты Д. Гершеля, Э. Пикеринга, Д. Скиапарелли и К. Фламмаріона . . . . .	314
8. Юпитеръ, по фотографіи, снятой на Ликейской обсерваторіи . . . . .	370
9. Сатурнъ, по рисунку, сдѣланному Килеромъ . . . . .	379
10. Фазы луны . . . . .	415
11. Видъ земли съ поверхности луны . . . . .	416
12. Первая четверть луны по фотографіи, снятой Леви и Ньюзе 6 марта 1895 г. . . . .	427
13. Апеннины, горная цѣпь на лунѣ . . . . .	430
14. Борозда въ центрѣ луннаго диска . . . . .	432
15. Лунный пейзажъ. Архимедъ и Апеннины. Гассенди . . . . .	434
16. Лунный кратеръ Линней . . . . .	441
17. Портреты Галилея, Бесселя, В. Я. Струве и А. Холя . . . . .	452
18. Разныя формы кометъ. Комета 1811 года . . . . .	471
19. Портреты П. Жансена, Э. Галлея, Ж. Вейнера, В. Гульда . . . . .	480

	Кл. стран.
20. Комета Галлея . . . . .	488
21. Комета Донати . . . . .	526
22. Комета Коджиа . . . . .	533
23. Комета Рорыма, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи . . . . .	535
24. Метеоритъ изъ Грамина. Малласово желѣзо. Видманштейновы фигуры . . . . .	546
25. Спектры звѣздъ . . . . .	590
26. Часть млечнаго пути въ созвѣздіи Сиріуса, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Аревипѣ . . . . .	602
27. Звѣздная куча по Д. Гершлею. Туманности правильной формы . . . . .	663
28. Скопление туманностей около звѣзд $\alpha$ (Антаресъ) и $\gamma$ Скогріи, по фотографіи Барнарда . . . . .	668
29. Спиральная туманность въ Охионичьихъ собакахъ. Кольцевая туманность въ Лирѣ . . . . .	671
30. Туманность въ созвѣздіи Андромеды, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи . . . . .	679
31. Туманность въ созвѣздіи Орiona, по фотографіи, снятой Нелкомъ Робертсомъ . . . . .	680
32. Звѣздная куча около звѣзды $\omega$ Сентаври, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Аревипѣ . . . . .	682
33. Портреты Лавласа, Ньюкомба, Гольдена и Тиссерана . . . . .	740
34. Астрономическая обсерваторія въ Пекинѣ. Астрономическая обсерваторія въ Бенаресѣ . . . . .	780
35. Астрономическіе инструменты XVIII столѣтія. Телескопъ патера Готтшцепа въ Римѣ . . . . .	788
36. 30-дюймовый рефракторъ Пулковской обсерваторіи . . . . .	791
37. Астрономическіе часы Страсбургскаго собора . . . . .	824
38. Большой меридианный залъ Парижской обсерваторіи . . . . .	838
39. Меридианный кругъ обсерваторіи въ Безансонѣ . . . . .	841
40. Астрографъ Потсдамской обсерваторіи . . . . .	871
41. Общий видъ Пулковской обсерваторіи . . . . .	895
42. Башни 30-дюймоваго рефрактора въ Пулковѣ . . . . .	895
43. 27-дюймовый рефракторъ Вильской обсерваторіи . . . . .	896
44. Общий видъ Парижской обсерваторіи. Общий видъ Потсдамской астро-физической обсерваторіи . . . . .	899





Юзефъ-Юганнъ Литровъ (1781--1810).  
авторъ книги „Тайны неба“.

## ВВЕДЕНИЕ

Изъ всѣхъ наукъ, которыми человекъ занимался съ древнѣйшихъ временъ, астрономія представляетъ наиболѣе длинный рядъ великихъ и важныхъ открытій. Цѣлая бездна жизни между простымъ созерцаньемъ неба первыми людьми и тѣмъ знаньемъ, которымъ мы нынѣ вооружены по отношенію къ разнообразнымъ небеснымъ тѣламъ, и которое позволяетъ намъ съ огромною точностью опредѣлять не только явленія тѣмъ прошедшихъ вѣковъ, но также и тѣ, которыя въ отдаленномъ будущемъ представятся нашимъ потомкамъ.

Для каждаго образованнаго человека представляетъ высокій интересъ тотъ путь, которымъ были достигнуты такія знанія. Для профановъ ихъ потребовались соединенныя усилія умнѣвшихъ людей всѣхъ образованныхъ странъ въ теченіе многихъ вѣковъ; эти усилія и подняли астрономію на ту высоту, на которой она находится теперь, на которой она является предметомъ удивленія и составляетъ, такъ сказать, гордость человеческого ума. Слово гордость здѣсь, впрочемъ, быть-можетъ, не совсѣмъ уместно. Къ ней ни высота дѣла, къ достиженію которой умъ человечески стремился, и которой онъ по крайней мѣрѣ отчасти, фактически, достигъ, все же путь, приведша его къ этой дѣли, и способъ, какимъ этотъ путь былъ пройденъ, толкнули скорее внизъ чѣмъ вверхъ, и сознаніе безвѣдья, сопровождающее обыкновенно человека при отысканіи истины. Мы увидимъ, что умъ человечески въ астрономіи провикъ дальше, чѣмъ во всѣхъ другихъ наукахъ, но увидимъ также, что величайшія открытія часто сдѣлались благодаря случаю, и что перьто человекъ, въ поискахъ за одними истинами, блуждалъ безплодно по намѣченному пути дѣлаи столько, въ концѣ концовъ наталкивался на совершенно другія.

Въ теченіе почти цѣлыхъ четырехъ первыхъ тысячелѣтій такъ называемаго историческаго періода астрономія находилась въ младенческомъ состояніи, и только за два столѣтія до начала христіанской эры она, въ александрийской школѣ, подъ покровительствомъ Птолемея, сдѣлала перьые робкіе шаги. Но наступившее вслѣдъ за тѣмъ господство римлянъ, которые никогда не занимались этой наукой, и разрушеніе ихъ имперіи, потрясшее весь тогдашній міръ, потребовало также и астрономію подъ тѣми развалинами, которыя въ теченіе долгаго времени послѣ этой печальной эпохи тяготѣли надъ искусствомъ, наукой и просвѣщеніемъ вообще. Какъ бы въ вознагражденіе за это, въ седьмомъ столѣтіи является кочевой степной народъ, славные завоеватели—арабы, народъ, прославившійся счастьемъ своего оружія, хотя и кратковременнымъ, но сіявшимъ на далекое пространство, а также своимъ покровительствомъ наукамъ и особенно астрономіи. Съ паденіемъ этого геройскаго народа надъ землею снова ложится глубокая ночь варварства. Невѣжество и суевѣріе дѣлаются лозунгомъ одичавшихъ народовъ: общій упадокъ нравовъ, чудовищныя войны и ихъ обычныя послѣдствія—утомленіе, вужда и опустошительныя повальныя болѣзни—наполняютъ лѣтописи послѣдующихъ столѣтій исторіи человечества.

Черезъ 1500 лѣтъ послѣ начала нашего лѣтосчисленія снова пробуждается отъ глубокаго сна человечески гений. Во второй разъ онъ зажигаетъ факелъ надъ обгащенной кровью и покрытой развалинами невѣжества и варварства Европой, погасивъ его, казалось навсегда, надъ Азіей и Африкой. Своими благодѣтельными лучами онъ освѣщаетъ теперь новыя страны, до тѣхъ поръ чуждыя цивилизаціи и неизвѣстныя въ предшествующей исторической эпохѣ.

Направляемые его лучами, Колумбъ открываетъ Новый Свѣтъ, а Коперникъ—новую планетную систему. Ими начинается эпоха новой, лучшей общественной и умственной жизни. Изъ вѣдръ Германіи исходитъ важнѣйшее изъ всѣхъ изобрѣтений—искусство книгопечатанія, которое обезпечиваетъ сохраненіе всѣхъ остальныхъ искусствъ и наукъ и дѣлаетъ невозможнымъ возвращеніе къ прежнему варварству. Въ то же время въ Италіи, подъ покровительствомъ Медичей, извлекаются изъ могилъ рукописи грековъ и римлянъ, и снова расцвѣгаютъ, подъ животворящимъ дыханіемъ оживающаго духа древнихъ, изящныя искусства. Безъ малаго четыре столѣтія прошло съ тѣхъ поръ до настоящаго времени, блестящихъ, славныхъ но и теперь еще дрожатъ струны эпохи Возрожденія, и теперь еще до умственного уха человечества доходятъ производимые ими небесныя звуки. Настоящій моментъ застаётъ насъ въ неустойчивомъ движеніи впередъ; широко и глубоко текутъ передъ нами потоки знанія, и теперь уже смѣло можно не опасаться, что они будутъ когда-нибудь задержаны возвратомъ прежнихъ, враждебныхъ наукъ, силъ.

Нравственный законъ въ насъ самихъ и угасянное звѣздами небо надъ нами—вотъ что, по словамъ безмернаго нѣмецкаго философа, заслуживаетъ особеннаго нашего вниманія, вотъ чему мы постоянно должны удивляться.

Нравственный законъ, носимый человекомъ въ душѣ такъ близко касается каждого, что не требуетъ никакихъ дальнѣйшихъ разъясненій. Что же касается звѣзднаго неба... По почему мы всегда съ такимъ наслажденіемъ сможемъ на это угасянное звѣздами небо, что постоянно снова и снова влечетъ насъ къ нему, какъ бы часто мы имъ ни любовались? Въ чемъ собственно состоитъ то высокое наслажденіе, которое доставляетъ видъ звѣзднаго неба великому образованному человѣку? Не изъ-за одного же голько любопытства такъ часто обращаемъ мы наши взоры къ небесному своду съ его безчисленными звѣздами.

Большой городъ, освѣщенный въ ночное время безчисленнымъ множествомъ фонарей, или безконечно длинная процессія съ факелами, безъ сомнѣнія, тоже представляютъ величественныя зрѣлища. Но мы не можемъ долго любоваться ими, такъ какъ наше вниманіе скоро утомляется однообразіемъ этихъ предметовъ. Точно также и видъ раскинутаго надъ нами небеснаго свода съ его многочисленными звѣздами для того, кто не интересуется наблюдаемыми на немъ явленіями, мало чѣмъ отличается отъ вида куполообразнаго собора, освѣщеннаго безчисленнымъ множествомъ свѣчей. Правда, въ первый разъ мы съ удивленіемъ останавливаемся передъ такой грандіозной картиной, но вскоре быстро привыкаемъ къ этому зрѣлищу и совершенно равнодушно проходимъ мимо него.

Для дикаихъ, невѣжественныхъ людей видъ звѣзднаго неба голько потому представляетъ слишкомъ мало интереса, что они при этомъ вовсе не задумываются надъ причинами наблюдаемыхъ на небесномъ сводѣ явленій. Для образованнаго же человѣка, который не съ простымъ любопытствомъ смотритъ на небо, а, напротивъ того, всецѣло проникнутъ желаніемъ постигнуть тайны природы, то-же самое звѣздное небо съ каждымъ разомъ дѣлается все привлекательнѣе. Но и среди образованныхъ людей не мало есть такихъ, которые, видя, что солнце, луна и безчисленныя звѣзды ежедневно восходятъ и заходятъ, ни разу не предложивъ себѣ вопроса, откуда онѣ являются, куда исчезаютъ и почему вѣчно движутся по однимъ и тѣмъ же путямъ около земли. Размышленіе о причинахъ движенія свѣтилъ небесныхъ, желаніе глубже проникнуть въ тайны природы нашимъ умственнымъ взоромъ—вотъ что съ такою неустойчивою силою постоянно влечетъ насъ къ этимъ звѣздамъ, въ огромномъ числѣ укрѣпшимъ въ ясныя ночи небосклонъ, и видъ звѣзднаго неба, не смотря на свое однообразіе, не только не падастъ, но каждый разъ приноситъ намъ новое наслажденіе.

Воспользуемъ мы увидимъ, что астрономія на каждомъ шагѣ доставляетъ намъ случаи къ размышленію. Но теперь мы должны прежде всего откааться отъ тѣхъ предубѣжденій, которыя коренились въ насъ съ ранняго дѣтства и которыя сильно мѣшаютъ намъ со-

ставить ясный взгляд на великія творенія природы. Поводъ къ этому даетъ сама астрономія. Всѣ ея ученія находятся въ прямомъ противорѣчій съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ. Наша земля, напримѣръ, представляется намъ съ перваго взгляда совершенно неподвижной. А между тѣмъ, въ дѣйствительности, невидимая рука заставляетъ ее, вмѣстѣ со всѣми находящимися на ней предметами, вмѣстѣ съ окружающимъ ее воздушнымъ океаномъ, въ теченіе сутокъ совершать полный оборотъ около оси; кромѣ того, въ теченіе года она описываетъ полный кругъ около солнца, и скорость этого движенія далеко превосходитъ тѣ скорости, которыя мы можемъ получить на землѣ, пользуясь силою пороха или пара. Луна и солнце представляются намъ въ видѣ небольшихъ круглыхъ дисковъ, прикрѣпленныхъ къ небесному своду и, слѣдовательно, находящихся на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ насъ, а, между тѣмъ, въ дѣйствительности разстояніе отъ земли до луны равно 380 тысячамъ километровъ, а отъ земли до солнца 150 миллионамъ километровъ, и солнце почти въ  $1^{\frac{1}{4}}$  миллиона разъ больше земли. Планеты, изъ которыхъ въкоторыя представляются едва замѣтными свѣтлыми точками на небесномъ сводѣ, суть ни что иное, какъ земли, подобія нашей землѣ, и весьма возможно, что онѣ также населены какими-нибудь существами. Мерцающія по ночамъ на небѣ звѣзды, которыя, несмотря на ихъ огромное число, доставляютъ намъ лишь весьма скудное освѣщеніе, суть такія-же солнца, какъ и наше; каждая изъ нихъ служи́тъ источникомъ жизни и свѣта для окружающихъ ее планетъ. Во всѣхъ этихъ отдаленныхъ системахъ планеты съ незапамятныхъ временъ движутся въ никогда ненарушимомъ порядкѣ около своихъ центральныхъ глъ, причѣмъ всѣми этими системами управляетъ одинъ и тотъ-же законъ—законъ всемірнаго тяготѣнія.

Наша земля, служащая намъ колыбелью, жилищемъ и могилой, какъ бы огромна она намъ ни казалась, для жителей отдаленнѣйшихъ планетъ нашей солнечной системы должна представляться едва замѣтной свѣтлой точкой на небесномъ сводѣ. Въ свою очередь, наша солнечная система превращается въ такую-же ничтожную точку въ сравненіи со всѣмъ мировымъ пространствомъ, наполненнымъ безчисленнымъ множествомъ подобныхъ системъ. Очевидно, что, если мы поставимъ себѣ цѣлью подробно изучить наблюдаемыя нами на небесномъ сводѣ явленія и отыскать причину разнообразныхъ движеній небесныхъ глъ, то такая задача окажется весьма не легкой. Явленія, наблюдаемыя нами на усѣянномъ звѣздами небесномъ сводѣ, такъ разнообразны и такъ удивительно между собою перепутаны, что только благодаря остроумію цѣлаго ряда выдающихся людей всѣхъ эпохъ и всѣхъ народовъ возможно было разобраться въ этой пуганицѣ и въ видимомъ безпорядкѣ отыскать единство и гармонию. Пришлось преодолѣть необыкновенныя трудности, прежде чѣмъ удалось, наконецъ, удивительную запутанность движеній небесныхъ свѣтилъ объяснить движениемъ самой земли, съ которой мы, по необходимости, наблюдаемъ всѣ небесныя явленія.

Только тогда, когда перестали смотрѣть на землю, какъ на неподвижный центръ вселенной, явилась возможность отдѣлать видимыя движенія небесныхъ глъ отъ ихъ истинныхъ движеній и затѣмъ, на основаніи этихъ послѣднихъ, найти законы, подчиняясь которымъ планеты движутся около солнца. Наконецъ еще одинъ шагъ впередъ.—и мы изъ этихъ законовъ выводимъ самый общій законъ, дѣйствующій во вселенной, такъ называемый законъ всемірнаго тяготѣнія, на основаніи котораго весьма просто и точно объясняются самыя разнообразныя небесныя явленія. Онъ состоитъ въ томъ, что всякія два тѣла въ природѣ взаимно притягиваются съ силою прямо пропорциональною произведенію ихъ массъ и обратно пропорциональною квадрату разстоянія между ними.

Если бы на планеты дѣйствовала только сила солнца, то онѣ двигались бы около солнца по эллиптическимъ путямъ. Но, по закону всемірнаго тяготѣнія, каждая планета притягивается не только солнцемъ, но и всѣми остальными планетами, и хотя массы планетъ весьма незначительны въ сравненіи съ массою солнца, все же подъ ихъ общимъ дѣйствіемъ всякая планета должна описывать около солнца не эллипсъ, а нѣкоторую другую

кривую, до крайности сложную и запутанную. Для примѣра разсмотримъ дѣйствіе планеты на движеніе нашей земли около солнца. Если бы не было другихъ планетъ, кромѣ нашей земли, если бы не было возмущающихъ тѣлъ, какъ говорятъ астрономы, то земля наша ппала бы около солнца по эллипу. Но въ дѣйствительности она постоянно уклоняется отъ этого чисто эллиптическаго пути вълѣдствіе притяженія, оказываемаго на нее другими планетами. Сообразно съ различными положеніями планетъ относительно земли, и вліяніе ихъ на ея движеніе выразится различнымъ образомъ.

Потъ дѣйствіемъ планеты, которая находится на линіи, проходящей черезъ центры солнца и земли, эта послѣдняя или приближается къ солнцу или удаляется отъ него. Планета, по направленію къ которой въ данный моментъ земля движется, увеличиваетъ скорость ея движенія, напротивъ того, движеніе земли замедляется потъ дѣйствіемъ планеты, притягивающей землю по направленію, обратному ея движенію. Наконецъ, планета, дѣйствующія по направленію, перпендикулярному къ той плоскости, въ которой происходитъ движеніе земли, стремится вывести ее изъ этой плоскости. Словомъ, возмущающія силы планетъ не только измѣняютъ скорость движенія земли, но также оказываютъ вліяніе къ размѣры, видъ и положеніе описываемой ею дриной. Если мы сложную кривую, описываемую землею около солнца, мысленно раздѣлимъ на очень малыя части, то даже такую часть можно разсматривать какъ дугу нѣкотораго эллипса, и въ этомъ смыслѣ мы можемъ сказать, что земля въ каждый моментъ описываетъ около солнца новую кривую.

Какъ бы сложны истинныя движенія планетъ около солнца, но еще большую запутанность представляютъ ихъ видимыя движенія на небесномъ сводѣ. Чтобы понять это надо имѣть въ виду, что астрономы опредѣляютъ положенія небесныхъ свѣтилъ относительно такъ называемой плоскости эклиптики, въ которой земля описываетъ свой путь около солнца. Но эта плоскость сама непрерывно измѣняетъ свое положеніе въ пространствѣ, вълѣдствіе чего постоянно мѣняется и положеніе относительно эклиптики тѣхъ плоскостей, въ которыхъ движутся планеты. Впрочемъ, положеніе этихъ послѣднихъ плоскостей, вълѣдствіе взаимнаго дѣйствія планетъ другъ на друга, не оставалось бы неизмѣннымъ также и въ томъ случаѣ, если бы сама плоскость эклиптики была неподвижна. Не надо также забывать, что, вълѣдствіе вращенія земли около своей оси, планеты вмѣстѣ съ остальными свѣтилми принимаютъ участіе въ видимомъ суточномъ вращеніи всего небснаго свода. Какъ бы для ея болѣе болѣе уложившія видимыхъ движеній свѣтилъ, и самая ось вращенія земли, какъ мы увидимъ впоследствии, не остается неизмѣнной въ пространствѣ. Легко понять, что малѣйшее измѣненіе въ положеніи земной оси для наблюдателя, находящагося на землѣ, выразится соответственнымъ смѣщеніемъ всей небесной сферы, при этомъ не сохраняютъ своего положенія даже тѣ начальные пункты, отъ которыхъ астрономы считаютъ всѣ угловыя разстоянія свѣтилъ на небесной сферѣ.

На этомъ небѣ, на которое мы смотримъ съ благоговѣйнымъ восторгомъ, все, повидному, находится въ безпорядкѣ: въ этомъ хаосѣ перепутанныхъ между собою движеній ни одна точка небесной сферы не остается неподвижной, и если бы мы вздумали составить карту звѣзднаго неба, для чего, конечно, потребовалось бы не мало времени, то мы не могли бы отыскать на небесномъ сводѣ такихъ опорныхъ точекъ, которыя съ теченіемъ времени не измѣнялись бы и къ которымъ мы могли бы постоянно относить положенія звѣздъ. Звѣздное небо каждый день представляетъ намъ новую картину; мало того, можно даже сказать, что оно, подобно Протею, мѣняетъ свой видъ каждое мгновеніе. Вспомнимъ далѣе, что наша наблюдательная точка — земля, сама не остается неподвижной: въ теченіе сутокъ она вращается около оси, а въ теченіе года совершаетъ свой путь около солнца. Вспомнимъ еще, что наша земля окружена плотной воздушной оболочкой, которая преломляетъ лучи свѣта, идущіе къ намъ отъ небесныхъ свѣтилъ; вълѣдствіе этого мы ни одного свѣтила не видимъ на томъ мѣстѣ, которое оно въ дѣйствительности занимаетъ на небѣ.

Вот часть тѣхъ затрудненій, съ которыми приходилось бороться астрономамъ въ ихъ постоянномъ стремленіи къ возвышенной цѣли—къ познанію тайны движенія небесныхъ свѣтилъ. Но чтобы узнать тотъ путь, идя по которому мы, если и не достигли вполнѣ такой возвышенной цѣли, то все же весьма близко подошли къ ней, необходима въ некоторой математической подготовкѣ. Всѣ заключенія астрономовъ основываются на математическихъ разсужденіяхъ, и, благодаря этому, всѣ добытые ими результаты отличаются необыкновенною точностью и убѣдительностью, составляющимъ ихъ главную цѣну. Безъ предварительной математической подготовки невозможно также понять нѣкоторыя астрономическія открытія, и многое пришлось бы принимать на вѣру. А между тѣмъ многіе изъ добытыхъ астрономей фактовъ находится въ такомъ явномъ противорѣчій съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ, что на вѣру ни одинъ образованный и развитой человѣкъ не согласится, конечно, ихъ принять. Можно ли, напримѣръ, повѣрить астрономамъ на слово, что солнце почти въ  $1\frac{1}{4}$  милліона разъ больше нашей земли, и что оно находится отъ земли на разстояніи 150 милліоновъ километровъ, или что ближайшая неподвижная звезда отстоитъ отъ насъ до крайней мѣры въ 200 000 разъ дальше, чѣмъ солнце? Можно ли повѣрить на слово, что свѣтъ всего только въ  $8\frac{1}{4}$  минутъ пробѣгаетъ то разстояніе, которое отдѣляетъ землю отъ солнца? Кто, наконецъ, повѣритъ, что дѣйствіе волшебной силы, которая заставляетъ планеты двигаться около солнца, въ одинъ мигъ распространяется на отдаленнѣйшія тѣла нашей солнечной системы? Какъ измѣрили величину солнца, какъ измѣрили разстояніе отъ земли до неподвижныхъ звѣздъ, какъ опредѣлили скорость свѣта, какъ, наконецъ, исследовали волшебную силу солнца, и какой путь совершилъ человекъ до полученныхъ имъ поразительныхъ результатовъ? Только съ помощью математики астрономы могли разрѣшить всѣ эти вопросы, которые безъ ея помощи навсегда остались бы неразрѣшенными.

Слѣдуетъ пожалѣть, что математическія науки до сихъ поръ еще не составляютъ главнаго предмета нашего общаго образованія. Весьма многіе умѣлише люди, обладающие огромнымъ запасомъ знаній въ самыхъ разнообразныхъ научныхъ областяхъ, къ сожалѣнію, съ математическими науками совершенно незнакомы. Еще печальнѣе то, что они еще не считаютъ для себя обязательнымъ знакомство съ этими науками, и если случайно заходить о нихъ рѣчь, они безъ всякаго стѣсненія признаются въ своемъ полномъ незнаніи, а между тѣмъ незнакомство со всякой другою наукою они охотно ставятъ себѣ въ вину.

Не говоря о необходимости математическихъ знаній въ ученой и часто даже въ общественной жизни, не говоря о томъ, что безъ нихъ почти совсѣмъ невозможно самое прекрасное и самое подходящее для человѣка занятіе—изученіе природы, мы должны были бы отнести математическимъ наукамъ одно изъ первыхъ мѣстъ въ нашемъ общемъ образованіи только ради одного благотворнаго вліянія, которое онѣ оказываютъ на развитіе человѣческаго ума. Какія другія науки представляютъ такую обрѣзательность понятій, такой строгій чорятокъ заключеній, такую точность доказательствъ? Благодаря математикѣ мы впервые узнали, что такое доказательство, и какія сила заключается въ немъ. Математика научаетъ насъ отыскивать истину и помогаетъ намъ бороться съ заблужденіями. Благодаря математикѣ, мы отбрасываемъ неправильныя положенія и не соглашаемся съ такими мнѣніями, которыя не основаны на нашемъ собственномъ убѣжденіи. Наконецъ, эта наука, какъ лучшая дисциплина для человѣческаго ума, доставляетъ нашему юношеству наиболѣе удобный случай упражнять свои духовныя силы: она возбуждаетъ и укрѣпляетъ въ нихъ желаніе отыскивать истину и развиваетъ стремленіе къ правдѣ. Но, конечно, въ жизни человѣкъ можетъ, вообще, легко обойтись безъ полнаго и глубокаго знанія математическихъ наукъ, и потому во всей своей полнотѣ математическія науки не должны входить въ программу нашего общаго образованія. Подробное изученіе математическихъ наукъ, какъ и прежде, можетъ быть предоставлено тѣмъ немногимъ лицамъ, которыя имѣютъ особенное влеченіе къ этимъ наукамъ. У такихъ лицъ не

только найдется достаточно силъ и энергии, чтобы подробно изучить эту труднѣйшую научную область, но они, быть можетъ, и сами обогатятъ науку новыми открытіями.

Въ настоящей книгѣ мы намѣрены изложить одну изъ математическихъ наукъ— астрономію. Удоболюбя эту науку величественному зданію, во внутренность котораго могутъ входить лишь посвященные, мы считаемъ достаточнымъ ознакомить нашихъ читателей лишь съ наружнымъ видомъ этого зданія, и только иногда мы будемъ вводить ихъ и въ преддверіе. Однако и для этого нужна нѣкоторая математическая подготовка, хотя и незначительная: но тѣмъ легче пріобрѣтетъ читатель всѣ необходимыя для него предварительныя знанія, и тѣмъ настоятельнѣе мы будемъ требовать отъ него этихъ знаній для его же собственной пользы. Если мы собираемся путешествовать по чужой странѣ, то только въ томъ случаѣ это путешествіе доставитъ намъ удовольствіе, когда мы хотя бы до нѣкоторой степени знакомы съ языкомъ ея обитателей. Совершенно также читатель, желающій совершить экскурсію въ область астрономіи, долженъ быть знакомъ съ тѣмъ языкомъ, который выработала она, подобно всѣмъ наукамъ, достигшимъ извѣстной степени совершенства. Конечно, мы могли бы изучать этотъ языкъ, по мѣрѣ необходимости, во время самого путешествія; но при такомъ способѣ изученія трудно было бы избѣжать частыхъ повтореній.

Поэтому-то слѣдующая, вторая часть введенія и имѣетъ въ виду познакомить вкратцѣ благосклоннаго читателя съ элементами астрономическаго языка. Эти первыя страницы слѣдуетъ прочесть внимательно и даже нѣсколько разъ, чѣмъ чрезвычайно облегчится чтеніе остальной книги. Чтобы глубже запечатлѣть въ памяти значеніе различныхъ терминовъ, которые здѣсь приведены, вмѣстѣ съ ихъ объясненіями, и чтобы облегчить впоследствии ихъ цитированіе, мы вездѣ придерживаемся раздѣленія нашей книги на особые параграфы, изъ которыхъ каждый посвященъ выясненію какого-нибудь термина или изложенію какого-нибудь вопроса.

**§ 1. Круги на шарѣ.** Всякая плоскость въ-пересѣченіи съ шаромъ даетъ кругъ. Если слѣдующая плоскость проходитъ черезъ центръ шара, то получающійся въ сѣченіи кругъ называется большимъ кругомъ. На первыхъ порахъ мы будемъ разсматривать лишь большіе круги. На рис. 1 круги  $AWQO$ ,  $HWRO$  и  $ANQN$  суть большіе круги: мы ихъ, для краткости, будемъ по порядку обозначать символами I, II и III.

Извѣстно, что окружность всякаго круга дѣлится обыкновенно на 360 частей, которыя называются градусами; градусъ подраздѣляется на 60 минутъ, минута на 60 секундъ. Эти части въ послѣдовательномъ порядкѣ обозначаются знаками  $^{\circ}$   $'$   $''$ , такъ что, напр.,  $45^{\circ}13'20''$  читается такъ: 45 градусовъ, 13 минутъ и 20 секундъ.

Въ астрономіи часто встрѣчается еще другое раздѣленіе окружности, перенесенное также и въ обыденную жизнь и основанное на томъ, что земля въ теченіе сутокъ совершаетъ оборотъ около своей оси. Въ этомъ второмъ случаѣ вся окружность дѣлится на 24 части, называемыя часами; часъ подраздѣляется на 60 минутъ, минута на 60 секундъ. Эти минуты и секунды называются минутами и секундами времени, въ отличіе отъ вышеупомянутыхъ дуговыхъ минутъ и секундъ. Это второе раздѣленіе круга обозначается знаками  $h$ ,  $m$ ,  $s$  \*). Легко сообразить, что, умножая на 15 данное число часовъ, минутъ и секундъ времени, мы получимъ соответственное число градусовъ, минутъ и секундъ дуги; обратно, дѣленіе на 15 опредѣленнаго числа градусовъ, минутъ и секундъ дуги даетъ соответственное число часовъ, минутъ и секундъ времени.

**§ 2. Свойства большихъ круговъ.** Діаметръ шара, перпендикулярный къ плоскости большаго круга, называется осью этого круга; точки встрѣчи этого діаметра съ поверх-

\*): Начальныя буквы латинскихъ словъ: horae (часы), minutae (минуты) и secundae (секунды).

посредью шара суть полюсы большого круга. Ось большого круга всегда проходит через его центр и каждый полюс отъ всѣхъ точекъ, лежащихъ на окружности большого круга, отстоитъ по поверхности шара на  $90^\circ$ .

Такъ,  $NN'$  есть ось большого круга I, а точки  $N$  и  $N'$ —его полюсы. Совершенно также  $ZZ'$  есть ось, а  $Z$  и  $Z'$ —полюсы круга II (рис. 1).

Всякій большой кругъ, проходящій черезъ полюсъ данного большого круга, проходитъ также и черезъ другой его полюсъ; плоскости такихъ большихъ круговъ взаимно перпендикулярны. Такъ, большіе круги  $NQ$ ,  $NQ'$ ,  $NQ''$ ..., проведенные черезъ полюсъ  $N$  большого круга I, проходятъ также и черезъ другой его полюсъ  $N'$  и вмѣстѣ съ тѣмъ перпендикулярны къ кругу I, т. е. дуги  $NQ$ ,  $NQ'$ ,  $NQ''$ ... составляютъ съ дугой  $QW$  прямые углы. Точно также круги  $ZR$ ,  $ZR'$ ,  $ZR''$ ..., проходящіе черезъ точку  $Z$ , перпендикулярны къ кругу II, и кругъ III, проходящій черезъ точки  $N$  и  $Z$ , перпендикуляренъ какъ къ кругу I, такъ и кругу II.

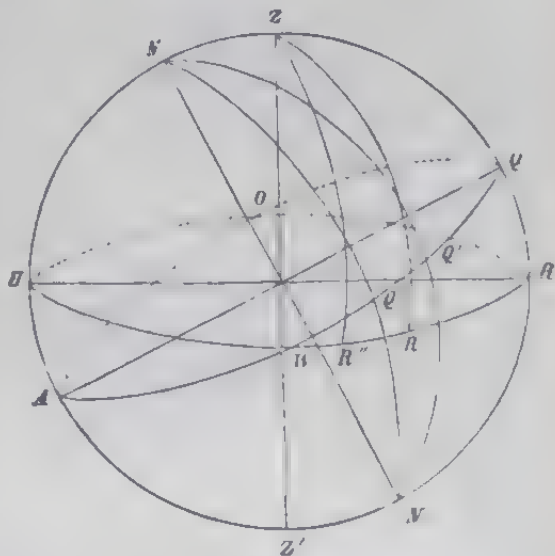


Рис. 1.

Если, наоборотъ, два большихъ

круга взаимно перпендикулярны, то полюсы одного изъ нихъ лежатъ на окружности другого. Напримеръ, круги  $NQ$ ,  $NQ'$ ... перпендикулярны къ кругу I; поэтому полюсы всѣхъ этихъ круговъ лежатъ на окружности круга I. Подобнымъ же образомъ полюсы круговъ  $ZR$ ,  $ZR'$ ..., перпендикулярныхъ къ кругу II, лежатъ гдѣ нибудь на окружности этого послѣдняго.

Всякій большой кругъ дѣлитъ поверхность шара на двѣ равныя части. Каждые два большихъ круга взаимно пересѣкаются по линіи, проходящей черезъ центръ шара; окружности двухъ большихъ круговъ въ точкахъ пересѣченія дѣлятся на двѣ равныя части, и обратно, если окружности двухъ круговъ на шарѣ, пересѣкаются, дѣлятся пополамъ, то оба эти круга суть большіе круги.

§ 3. Взаимное наклоненіе двухъ круговъ. Угломъ, составляемымъ плоскостями двухъ большихъ круговъ, называется взаимнымъ наклоненіемъ этихъ круговъ. Взаимное наклоненіе двухъ круговъ измѣряется дугой большого круга, заключенной между полюсами данныхъ круговъ. Такъ, наклоненіе круговъ I и II измѣряется взаимнымъ разстояніемъ ихъ полюсовъ  $NZ = N'Z'$ , считаемымъ по кругу III.

Взаимное наклоненіе круговъ I и II можетъ быть выражено также дугой  $QR$  III большого круга III, проходящаго черезъ полюсы  $N$  и  $Z$  данныхъ круговъ и перпендикулярнаго къ нимъ обоимъ. Замѣтимъ, что точки  $O$  и  $W$  взаимнаго пересѣченія круговъ I и II служатъ полюсами круга III.

Взаимное наклоненіе двухъ большихъ круговъ еще можетъ быть выражено угломъ, который составляютъ между собою окружности этихъ круговъ при ихъ точкѣ пересѣченія. Такимъ образомъ уголъ  $R'WQ = AWH$  есть взаимное наклоненіе круговъ I и II. Совершенно также взаимное наклоненіе круговъ  $NQ$  и  $NQ'$  выражается или угломъ  $Q'NQ'$  или перпендикулярной къ нимъ другой  $QQ''$  большого круга I. Наклоненіе круговъ  $ZR$  и  $ZR'$  выражается или угломъ  $RZR''$ , или перпендикулярной къ нимъ дугой  $RR''$  большого круга II. Всѣ указанныя положенія строго доказываются въ геометріи, но мы на



доказательствах останавливаться не будем, такъ какъ эти положенія и безъ того ясны, особенно если подъ руками вибется глобусъ.

§ 4. Небесные и земные круги. Применимъ сказанное къ кругамъ, которые астрономы проводятъ на небесной сферѣ и на земномъ шарѣ. Положимъ, что  $ANQN'$  (рис. 2) есть небесная сфера, центръ  $C$  которой совпадаетъ съ центромъ шарообразной земли  $anqn$ .

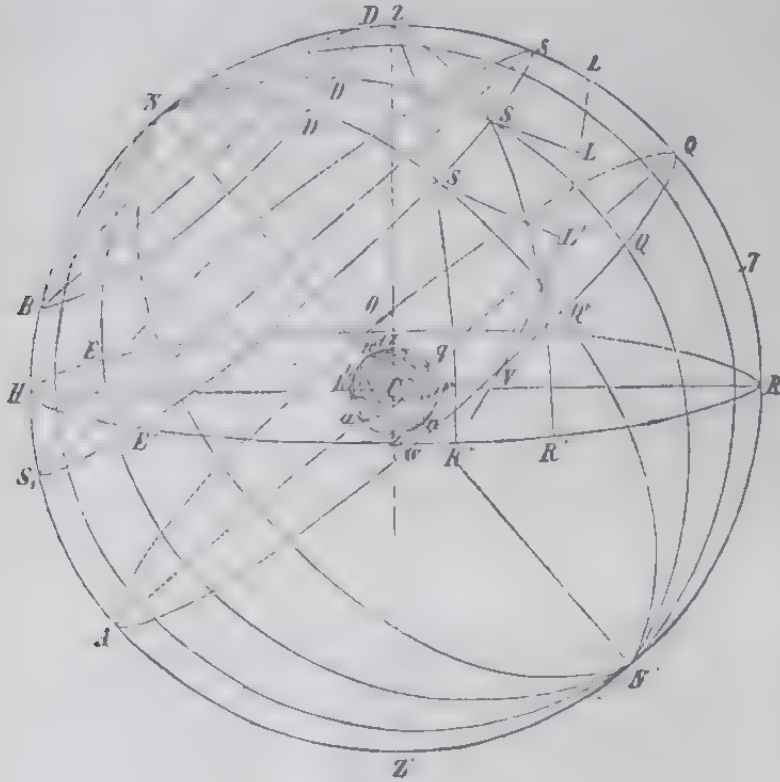


Рис. 2.

Въ такомъ случаѣ всякая плоскость, проходящая черезъ общій центръ  $C$ , въ пересѣченіи какъ съ небесной сферой, такъ и съ землей (по § 1), даетъ большой кругъ. Одинъ изъ этихъ круговъ называется небеснымъ, другой—соотвѣствующимъ ему земнымъ. Круги  $AWQO$  и  $aq$ ,  $HWRO$  и  $hr$ ,  $ANQN'$  и  $anqn'$  представляютъ пары такихъ соотвѣствующихъ одинъ другому круговъ.

§ 5. Ось міра; полюсы міра, экваторъ. Если мы

будемъ слѣдить за звѣздами на небесномъ сводѣ, то замѣтимъ, что всѣ онѣ движутся ежедневно около земли. Такъ какъ относительное расположеніе звѣздъ при этомъ не мѣняется, то у насъ получается впечатлѣніе, будто небесная сфера со всеми находящимися на ней звѣздами вращается около оси, проходящей черезъ центръ земли  $C$ . Эта ось вращенія  $NCN'$  (рис. 2) называется осью міра. Точки  $N$  и  $N'$ , въ которыхъ ось міра пересѣкаетъ небесную сферу, называются полюсами міра; видимый въ нашихъ странахъ полюсъ  $N$  носитъ названіе сѣвернаго полюса, а противоположный  $N'$  называется южнымъ. Плоскость, проходящая черезъ центръ земли и перпендикулярная къ оси міра, пересѣкаетъ небесную сферу по небесному экватору  $AWQO$ , а поверхность земли— по земному экватору  $aq$ . Точки, въ которыхъ ось міра встрѣчаетъ поверхность земли, называются земными полюсами, причемъ  $n$  есть сѣверный полюсъ земли, а  $n'$ —южный. Экваторъ, какъ большой кругъ, дѣлитъ землю и небесную сферу на двѣ равныя части (с. 1). Та часть, въ которой лежитъ сѣверный полюсъ, называется сѣвернымъ полушаріемъ, другая часть—южнымъ.

§ 6. Горизонтъ, зенитъ, надиръ. Если мы находимся среди ровной мѣстности или въ открытой морѣ, то поверхность земли представляется намъ въ видѣ плоскости, дающей въ пересѣченіи съ небесной сферой кругъ, который называется видимымъ горизонтомъ наблюдателя. Плоскость, параллельная плоскости видимаго горизонта, но проходящая черезъ центръ земли, даетъ въ пересѣченіи съ небесной сферой истинный горизонтъ наблюдателя.

Линия, перпендикулярная къ плоскости горизонта и проходящая через ту точку земной поверхности, гдѣ находится наблюдатель, называется вертикальной линіей и званато зенита. Направленіе вертикальной линіи даетъ намъ отвѣтъ, состоящій изъ нити съ небольшимъ грузомъ на концѣ. Поэтому вертикальная линія иначе называется отвѣсною. Вертикальная линія пересѣкается съ небесной сферой въ двухъ точкахъ, изъ которыхъ одна, находящаяся надъ наблюдателемъ, называется его зенитомъ, другая, противоположная, — надиромъ. Прямая линія, перпендикулярная къ вертикальной, называется горизонтальной линіей. Всякая линія, лежащая въ плоскости горизонта, есть намъ горизонтальное направленіе. За горизонтальную плоскость можетъ быть принята спокойная поверхность воды въ сосудѣ. Пусть наблюдатель находится въ точкѣ  $z$  земнаго шара (рис. 2). Тогда диаметр  $zCz'$ , при продолженіи своемъ до пересѣченія съ небесной сферой, опредѣлитъ зенитъ  $z$  и надиръ  $z'$  наблюдателя. Плоскость большаго круга  $hr$ , перпендикулярная къ этому диаметру, при продолженіи ея до встрѣчи съ небесной сферой, даетъ истинный горизонтъ  $HWRO$  наблюдателя. Плоскости, параллельная только что упомянутой, но проходящая через точку  $z$ , есть видимый горизонтъ наблюдателя.

Линія  $ZZ'$  есть ось истиннаго горизонта, а точки  $Z$  и  $Z'$  — его полюсы (§ 2). Горизонтомъ  $HWRO$  небесная сфера дѣлится на двѣ равныя части (§ 2). Та часть, въ которой находится зенитъ  $Z$ , называется видимымъ полушаріемъ, другая — невидимымъ. И въ самомъ дѣлѣ, мы можемъ наблюдать только тѣ свѣтила, которыя находятся въ верхней части небесной сферы, иначе говоря тѣ, которыя находятся надъ нашимъ горизонтомъ.

§ 7. Меридіанъ, полуденная линія, главные точки горизонта. Большой кругъ  $NZRA$ , проходящій черезъ полюсъ  $N$  экватора и черезъ зенитъ  $Z$  наблюдателя, находящагося въ  $z$ , называется меридіаномъ наблюдателя. Очевидно меридіанъ проходитъ также и черезъ точки  $N$  и  $Z$ . Плоскость меридіана въ одно и то же время перпендикулярна и къ плоскости экватора и къ плоскости горизонта (§ 2). Плоскость меридіана пересѣкаетъ поверхность земли по земному меридіану  $npqa$ .

Меридіанъ и горизонтъ въ точкахъ пересѣченія  $R$  и  $H$  дѣлятся пополамъ (§ 2). Точка  $R$ , наиболее удаленная отъ сѣвернаго полюса  $N$ , называется точкой юга, другая точка  $H$  — точкой сѣвера. Диаметръ  $HCR$ , соединяющій эти точки, носитъ названіе полуденной линіи. Подобнымъ же образомъ въ точкахъ  $O$  и  $W$  дѣлится пополамъ экваторъ и горизонтъ (§ 2). Точка  $O$ , лежащая вѣсво отъ наблюдателя, — истиннаго надиромъ къ югу, называется точкой востока, противоположная точка  $W$  — точкой запада. Точками  $H$ ,  $O$ ,  $R$ ,  $W$ , которыя называются главными точками горизонта, окружность послѣдняго дѣлится на четыре равныя части.

Меридіанъ дѣлитъ небесную сферу на двѣ равныя части (§ 2). Часть, заключающая въ себѣ точку востока  $O$ , называется восточнымъ полушаріемъ, другая часть — западнымъ.

§ 8. Круги высотъ, высота и зенитъ свѣтила. Большие круги  $ZR$ ,  $ZH$ ,  $ZR'$  ... проходящіе черезъ зенитъ  $Z$  и надиръ  $Z'$  и перпендикулярные къ горизонту, называются вертикальными кругами или кругами высотъ. Дуга круга высотъ, заключенная между горизонтомъ и какой-нибудь точкой, лежащей на кругѣ высотъ, измѣряетъ угловое разстояніе этой точки отъ горизонта и называется ея высотой. Считаемое по кругу высотъ разстояніе той же точки отъ зенита  $Z$  называется ея зенитнымъ разстояніемъ.

Высота и зенитное разстояніе дополняютъ другъ друга до  $90^\circ$ . Такимъ образомъ дуги  $RS$ ,  $RS'$  и  $R'S'$  суть высоты свѣтилъ  $S$ ,  $S'$ , а дуги  $ZS$ ,  $ZS'$ ,  $ZS''$  — ихъ зенитныя разстоянія.

Плоскость горизонта перпендикулярна ко всемъ кругамъ высотъ. Замѣтимъ, что меридіанъ  $NZRA$  есть также кругъ высотъ. Угловое разстояніе какого-нибудь круга высотъ отъ меридіана измѣряется дугой горизонта, заключенной между меридіаномъ и даннымъ кругомъ высотъ. То же разстояніе можетъ быть измѣрено угломъ при зенитѣ.

$Z$ , составляемъ кругъ высотъ съ меридіаномъ (§ 3). Это угловое разстояніе круга высотъ отъ мер. дiana называется азимутомъ. Азимутъ считается отъ южной части меридіана черезъ западъ до  $360^\circ$ . Впрочемъ, азимуты можно считать также въ обѣ стороны отъ южной части меридіана до  $180^\circ$ . Такъ, дуга  $RR$ , равная, по числу градусовъ, углу  $RZR'$ , есть азимутъ свѣтила  $S$ ; дуга  $RR''$ , равная углу  $RZR''$ , есть азимутъ свѣтила  $S''$  и т. д. Азимутъ и высота свѣтила опредѣляютъ его положеніе на небесномъ сводѣ во всякій моментъ. Напр., если для какого-нибудь горизонта даны азимутъ  $RR''$  и высота  $R'S''$  свѣтила  $S''$ , то этимъ въ данный моментъ вполне опредѣляется его положеніе на небѣ.

§ 9. **Круги склоненія или часовые круги, склоненіе, часовой уголъ.** Большіе круги  $NQ, NQ', NQ''$ ..., проходящіе черезъ полюсъ міра  $N$  и  $N'$  и, слѣдовательно, перпендикулярные къ плоскости экватора (§ 2), называются кругами склоненія или часовыми кругами. Меридіанъ  $NZRA$  есть также кругъ склоненія. Дуга, считающаяся по кругу склоненія отъ экватора до какой-нибудь звѣзды, называется склоненіемъ этой звѣзды. Такъ, дуги  $QS, QS', QS''$ ... суть склоненія звѣздъ  $S, S', S''$ .... Если свѣтила находятся подъ экваторомъ, т. е. въ южномъ полушаріи (§ 5), его склоненіе называется южнымъ и сопровождается знакомъ  $-$ . Напротивъ того, склоненія свѣтилъ, находящихся въ северномъ полушаріи, называются северными; передъ ними ставится знакъ  $+$ . Угловыя разстоянія  $NS, NS', NS''$ ... свѣтилъ  $S, S', S''$ ... отъ севернаго полюса  $N$  называются ихъ полярными разстояніями. Полярное разстояніе свѣтила, находящагося въ южномъ полушаріи, больше  $90^\circ$ . Полярное разстояніе и склоненіе, взятое съ соответствующимъ знакомъ, составляютъ вмѣстѣ  $90^\circ$ . Плоскость экватора перпендикулярна ко всемъ кругамъ склоненія. Угловое разстояніе какого-нибудь круга склоненія отъ меридіана, какъ отъ перваго часового круга, измѣряется дугою экватора, заключенной между меридіаномъ и даннымъ кругомъ склоненія. То же самое разстояніе можетъ быть измѣрено угломъ при северномъ полюсѣ  $N$ , составляемымъ кругомъ склоненія съ меридіаномъ. Это угловое разстояніе круга склоненія отъ меридіана называется часовымъ угломъ. Часовой уголъ считается отъ южной части меридіана черезъ западъ до  $360^\circ$  или  $24^h$  (§ 1). Впрочемъ часовые углы, подобно азимутамъ, можно считать также въ обѣ стороны отъ южной части меридіана до  $180^\circ$  или до  $12^h$ . Такъ, дуга  $QQ'$ , равная, по числу градусовъ, углу  $QNQ'$ , есть часовой уголъ свѣтила  $S'$ ; дуга  $QQ''$ , равная углу  $QNQ''$ , есть часовой уголъ свѣтила  $S''$  и т. д.

Склоненіе и часовой уголъ опредѣляютъ положеніе свѣтила на небѣ въ каждый данный моментъ. Если, напр., известны часовой уголъ  $QQ'$  и склоненіе  $Q'S''$  свѣтила  $S'$ , то положеніе этого послѣдняго на небѣ для данного момента вполне опредѣляется.

Часовой уголъ солнца называется также истиннымъ солнечнымъ временемъ мѣста наблюденія. Когда солнце проходитъ черезъ верхнюю часть меридіана  $NQ$  или, какъ говорятъ, кульминируетъ, его часовой уголъ, а слѣдовательно, и истинное время мѣста наблюденія равны нулю. Въ этотъ моментъ въ мѣстѣ наблюденія считается полдень. Когда солнце проходитъ черезъ нижнюю, невидимую, часть меридіана  $NZ$  или, какъ говорятъ, находится въ нижней кульминаціи, его часовой уголъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и истинное время мѣста наблюденія равны  $12^h$ ; въ этотъ моментъ наблюдатель считаетъ полночь.

§ 10. **Прямое восхожденіе и склоненіе.** Азимутъ, высота и часовой уголъ какого-нибудь свѣтила съ теченіемъ времени мѣняются, даже если свѣтило и не имѣетъ собственнаго движенія. Въ самомъ дѣлѣ, вслѣдствіе видимаго суточного вращенія небесной сферы около оси  $NN'$  непрерывно мѣняется положеніе свѣтилъ относительно плоскостей горизонта и меридіана. Поэтому, чтобы вполне опредѣлить положеніе свѣтила на небѣ, необходимо дать не только его азимутъ, высоту и часовой уголъ, но также и время, которому эти величины соответствуютъ. Кромѣ того, при перемѣщеніи наблюдателя изъ одной точки на поверхности земли въ другую мѣняются его горизонтъ и меридіанъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, опять мѣняются величины, опредѣляющія положеніе какого-нибудь свѣтила на небѣ. Поэтому

гораздо удобнее относить положеніе свѣтила неключительно къ плоскости экватора, который при суточномъ вращеніи небесной сферы не мѣняетъ своего положенія относительно этой послѣдней.

Съ этой цѣлью на экваторѣ выбираютъ вѣкторую точку  $V$  (§ 11), которая называется точкой весенняго равноденствія, и отъ нея считаютъ угловыя разстоянія круговъ склоненія въ направленіи  $VQO$ , т. е. отъ юга къ востоку и т. д., до  $360^\circ$  или  $24^\circ$ . Такое угловое разстояніе называется прямымъ восхожденіемъ. Прямое восхожденіе и склоненіе (§ 9) представляютъ самыя удобныя величины для опредѣленія положенія звѣздъ на небѣ. Такъ, положеніе свѣтила  $S''$  вполне опредѣляется его прямымъ восхожденіемъ  $VQ'$  и склоненіемъ  $Q'S''$ . Прямое восхожденіе и склоненіе свѣтилъ суть величины постоянныя для всякаго момента, лишь бы свѣтило не имѣло собственнаго движенія. Эти величины не измѣняются также при пережѣщеніи наблюдателя въ другую точку земной поверхности.

§ 11. **Астрономическія долготы и широта.** Астрономы проводятъ черезъ точку  $V$  и черезъ центръ земли  $C$ , подъ угломъ въ  $23^\circ 27'$  къ экватору, еще другую плоскость, которая въ пересѣченіи съ небесной сферой даетъ большой кругъ  $VE''L'$ , называемый эклиптикой. Отноительно эклиптики также съ удобствомъ можно опредѣлять положенія свѣтилъ на небѣ. Проведемъ черезъ точки  $S$  и  $S''$  большіе круги, перпендикулярные къ эклиптикѣ, и, следовательно, проходящіе черезъ оба ея полюса (§ 2). На рис. 2 даны только дуги  $SE$  и  $S'L'$  этихъ большихъ круговъ. Положеніе свѣтила  $S$  вполне опредѣлится, если будутъ даны дуги  $VL$  и  $LS$ . Дугу  $VL'$  называютъ долготой, дугу  $L'S''$  широтой свѣтила  $S'$ . Точно также  $VL''$  и  $LS''$  суть долгота и широта свѣтила  $S''$ . Если свѣтило находится подъ эклиптикой, то его широта называется южной или отрицательной и сопровождается знакомъ —.

По эклиптикѣ  $VE''L'$  солнце ежегодно совершаетъ свой видимый путь. Точка  $V$ , въ которой эклиптика пересѣкаетъ экваторъ и отъ которой считаютъ прямыя восхожденія и долготы, называется точкой весенняго равноденствія. Прямо противоположная ей точка на небесномъ сводѣ носитъ названіе точки осенняго равноденствія. Обѣ эти точки вмѣстѣ называются равноденственными точками. По срединѣ между равноденственными точками на окружности эклиптики лежатъ точки солнцестояній. Та изъ нихъ, которая находится въ сѣверномъ полушаріи (§ 5), называется точкой лѣтняго солнцестоянія, другая, находящаяся въ южномъ, — точкой зимняго солнцестоянія.

Уголъ  $QVL$ , составляемый плоскостью эклиптики съ плоскостью экватора, называется наклонностью эклиптики.

Древніе астрономы дѣлили эклиптику не на  $360^\circ$ , какъ все остальные круги, а на 12 частей по  $30^\circ$  въ каждой. Это такъ называемые знаки зодиака. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены названія знаковъ зодиака и значки, употребляемые для нихъ обозначенія. Свои названія знаки зодиака получили отъ 12 созвѣздіи, лежащихъ по всей окружности эклиптики.

Овенъ	$\gamma$	. . . . .	$0^\circ - 30^\circ$	Вѣсы	$\text{♎}$	. . . . .	$180^\circ - 210^\circ$
Телець	$\text{♉}$	. . . . .	$30 - 60$	Скорпионъ	$\text{♏}$	. . . . .	$210 - 240$
Близнецы	$\text{♊}$	. . . . .	$60 - 90$	Стрѣлецъ	$\text{♐}$	. . . . .	$240 - 270$
Ракъ	$\text{♋}$	. . . . .	$90 - 120$	Козерогъ	$\text{♑}$	. . . . .	$270 - 300$
Левъ	$\text{♌}$	. . . . .	$120 - 150$	Водолей	$\text{♒}$	. . . . .	$300 - 330$
Дѣва	$\text{♍}$	. . . . .	$150 - 180$	Рыбы	$\text{♓}$	. . . . .	$330 - 360$

Чтобы легче запомнить знаки зодиака въ томъ порядкѣ, въ какомъ они слѣдуютъ одинъ за другимъ, можно воспользоваться извѣстнымъ латинскимъ двустишіемъ:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,

Libraque, Scorpius, Arcitenens, Capre, Amphota, Pisces.

Древніе при помощи знаковъ зодиака выражали долготы солнца и, вообще, всехъ небесныхъ тѣлъ. Напр.,  $136^\circ$  долготы они изображали знакомъ  $\text{♌}$   $16^\circ$ , что слѣдуетъ читать такъ: шестнадцатый градусъ знака Льва.

§ 12. Географическая долгота и широта мѣста наблюденія. Земной меридианъ какого-нибудь пункта  $z$  на земной поверхности есть большой кругъ, проходящій черезъ этотъ пунктъ и черезъ полюса  $n$  и  $n'$  земного экватора (§ 7). Какъ на окружности экватора можно вообразить безчисленное множество точекъ такъ точно и земныхъ меридиановъ существуетъ безчисленное множество. Изъ всѣхъ ихъ, по произволу, одинъ и шир., меридианъ, проходящій черезъ Гринвичскую обсерваторию, принимають за первый земной меридианъ и отъ него считаютъ условныя разстояния всѣхъ остальныхъ меридиановъ къ востоку и западу до  $180^\circ$ , или только къ востоку до  $360^\circ$ . Угловое разстоянiе какого-нибудь меридиана отъ первого, считаемое по экватору, называется географическою долготою этого меридиана. Всѣ мѣста, лежащія на одномъ и томъ-же меридианѣ, имѣютъ одну и ту-же географическую долготу. Чтобы различить такія мѣста между собою, дѣлается еще угловое разстоянiе каждаго изъ нихъ отъ экватора, считаемое по меридиану и называемое географическою широтою мѣста наблюденія. Широты мѣстъ, лежащихъ въ южномъ полушарии (§ 5), называются южными. Географическая долгота и широта вполне опредѣляютъ положенiе какого-нибудь мѣста на земной поверхности, совершенно такъ же, какъ прямое и склоненiе вполне опредѣляютъ положенiе свѣтила на небѣ. Для прѣябра приведемъ географическiя долготы и широты нѣкоторыхъ мѣстъ на земной поверхности.

Названiе мѣста.	Долгота отъ Гринвича.			Широта.		
	$2^\circ$	$20'$	$15''$ къ вост.	$48^\circ$	$50'$	$11''$ сѣв.
Парижъ . . . . .	16	20	22 »	48	13	55 »
Вѣна . . . . .	30	19	30 »	59	46	18 »
Пулково . . . . .	116	28	19 »	39	54	13 »
Искивъ . . . . .	281	10	0 »	0	14	0 южв.
Копто . . . . .	78	50	0 къ зап.			

§ 13. Высота полюса міра. Наблюдъ экватора  $AWQ$  и меридиану  $HWB$  можетъ быть выражена или дуга меридианъ  $QR$  или  $AN$  заключенной между этими плоскостями, или угловымъ  $\angle$  — то ли мѣ  $\angle NZ$  —  $\angle NZ$  между полюсами экватора и горизонта, или, вѣрнее, угломъ  $QWR$  —  $QOR$  (§ 3). Этотъ наклонъ называется высотой экватора надъ горизонтомъ наблюдателя.

Изъ рис. 2 видно что  $HN \perp NZ$  и  $BQ \perp QZ$ . Но такъ какъ дуга  $BQ$  равна дугѣ  $NZ$ , то и дуги  $QZ$  и  $HN$  должны быть равны между собою. Дугу  $HN$  —  $QZ$  называютъ высотой полюса — въ мѣстѣ наблюденія, такъ какъ она есть высота сѣвернаго полюса  $N$  надъ горизонтомъ. Высота полюса и высота экватора дополняютъ другъ друга до  $90^\circ$ .

Совершенно также на поверхности земли дуга  $hn$  равна дугѣ  $qz$ , ибо въ этихъ точкахъ заключаются столько же градусовъ, сколько и въ соответственныхъ дугахъ  $HN$  и  $QZ$  на небесной сферѣ. Следовательно высота полюса  $HN$  въ мѣстѣ наблюденія  $Z$  равна разстоянiю  $qz$  этого мѣста отъ земного экватора  $aq$ ; иначе говоря, высота полюса равна географической широтѣ мѣста (§ 12).

§ 14. Параллели, альмукантараты. До сихъ поръ мы рассматривали только большіе круги . . . . . , сѣдѣ, центръ которыхъ совпадаетъ съ центромъ шара. Но астрономамъ приходится имѣть дѣло также съ малыми кругами.

Мы знаемъ, что небесная сфера постоянно совершаетъ какъ-будто вращеніе съ востока къ западу около оси міра  $NN'$ . Вѣдннне этого каждаго звѣзда описываетъ кругъ, плоскость котораго перпендикулярна оси вращенія и центръ котораго лежитъ на этой оси. Такимъ образомъ получается система круговъ, лежащихъ въ параллельныхъ другъ къ другу плоскостяхъ и потому называемыхъ небесными сѣточными параллелями. Всѣ точки, лежащія на окружности малого круга отстоятъ на одинаковомъ разстоянiи отъ любой точки оси вращенія, следовательно также и отъ полюсовъ  $N$  и  $N'$ . Сѣточные параллели суть малые круги, расположенныя равномерно, самой болышій — небесный экватор (§ 5). Центръ экватора, какъ большаго круга, совпадаетъ съ центромъ сферы  $C$ , центры же остальныхъ параллелей суть точки, отстоящія отъ центра  $C$  и тѣмъ ближе лежащія въ полуднннмъ  $N$  или  $N'$ , чѣмъ живннн сѣтчатая параллель. На рис. 2 круги  $SSSE$  и  $DDDB$  суть параллели.

Параллели, отстоящая от экватора на  $23^1 2^0$ , называются тропиками: в северном полушарии лежит тропик Рака, а в южном — тропик Козерога.

Каждой небесной параллели соответствует земная параллель. Чтобы получить земную параллель, соответствующую, напр., небесной параллели  $DD'D'B$ , соединим все точки, лежащие на окружности этой последней, с центром шара  $C$ ; мы получим поверхность конуса, основанием которому служит небесная параллель  $DD'D'B$  и вершина которого находится в  $C$ . Этот конус пересекать поверхность земли по земной параллели  $db$ , соответствующей небесной параллели  $DD'D'B$ .

Две земные параллели, отстоящая от экватора на  $23^1 2^0$  и расположенная — одна в северном, а другая в южном полушарии, называются земными тропиками. Параллели же, отстоящая от обоих полюсов на  $23^1 2^0$ , носят название полярных кругов. Параллели, как малые круги, могут совсем не пересекаться с горизонтом; в случае же встречи с ним в точках пересечения, он делится, вообще, на части неравные.

Так, например, параллель  $SE S_1 E$  разделена горизонтом на две весьма неравные части, а параллель  $DD'D'B$  и совсем не пересекается с ним.

Можно вообразить на небесной сфере ряд малых кругов, параллельных некоторому горизонту и лежащих по обе стороны от него к зениту или надиру. Такие круги называются альмукантарами.

§ 15. **Восход и заход звёзд.** Вообразим какую-нибудь параллель, пересекющуюся с горизонтом, напр., параллель  $SE S_1 E$ . Звезда, совершающая при суточном вращении небесного свода движение по этой параллели, видима для наблюдателя только в течение того времени, когда она находится на той части параллели, которая лежит над горизонтом, т. е. на части  $ES S_1 E$ . Будем называть эту часть параллели видимой её частью, в отличие от невидимой части  $E S_1 E$ , лежащей под горизонтом.

Параллель  $SE S_1 E$  пересекается с горизонтом в двух точках  $E$  и  $E'$ . В первой из них, лежащей в восточном полушарии (§ 7), звезда восходит, т. е. начинает подниматься над горизонтом, в противоположной же точке  $E'$  звезда заходит, т. е. перестаёт быть видимой.

Для звёзд, лежащих на экваторе, видимая часть  $OQW$  равна невидимой части  $WAO$ ; для всех остальных звёзд северного полушария (§ 5) видимая часть параллели, описываемой звёздой, тем больше, чем эта параллель отстоит дальше от экватора, иначе говоря, чем больше склонение звёзды (§ 9). Если для какой-нибудь параллели  $DD'B$  северного полушария, дуга  $NB$  меньше дуги  $NH = ZQ$ , т. е. если полярное расстояние звёзды, описывающей эту параллель, меньше высоты полюса (§ 13) над горизонтом места наблюдения, то параллель такой звёзды горизонтом совсем не пересекается. Значит, эта звезда всегда остаётся над горизонтом наблюдателя, находясь в точке  $z$ . Если же расстояние от экватора до какой-нибудь параллели южного полушария больше дуги  $RQ = NZ$ , т. е. если южное склонение звёзды, описывающей эту параллель, больше высоты экватора (§ 13) над горизонтом места наблюдения, то звезда для данного места никогда не восходит и потому постоянно остаётся невидимой.

§ 16. **Кульминация звёзд.** Все звёзды, которые для данного места наблюдения восходят и заходят, начиная с момента своего восхода поднимаются над горизонтом все выше и выше до тех пор, пока в момент своего прохождения через меридиан  $SZRQ$ , иначе говоря в момент своей кульминации (§ 9), не достигнут наибольшей высоты. После этого они подобным же образом спускаются опять к горизонту, так что по обе стороны от меридиана равным часовым углам (§ 9) или равным азимутам (§ 8) соответствуют равные высоты одной и той же звёзды.

§ 17. **Околополярные звёзды, их верхняя и нижняя кульминация.** Такие звёзды, которые находятся вблизи полюса и для данного места наблюдения никогда не заходят

(§ 15), называются околополярными звездами. Таковы, напр., звезды, описывающей параллель  $DDB$ . Околополярные звезды при суточном вращении небесной сферы дважды проходят через меридиан: одинъ разъ въ моментъ верхней кульминации въ  $D$ , другой разъ въ моментъ нижней кульминации въ  $B$ .

Такия звезды, которыя для данного мѣста наблюдѣнія восходятъ и заходятъ, въ моментъ ихъ нижней кульминации остаются для наблюдателя невидимыми (§ 9).

§ 18. Меридиональная высота свѣтилъ. Для всякой звезды, находящейся въ сѣверномъ полушарии и кульминирующей къ югу отъ зенита, напр., въ точкѣ  $S$  (рис. 2),

имѣемъ:  $QS = RS - RQ$  или свѣ. склоненіе = высота экватора. Для свѣтила же съ южнымъ склоненіемъ, кульминирующаго въ точкѣ  $T$ , находимъ: южное склоненіе = высота экватора — высота свѣтила.

Для околополярной звезды, кульминирующей къ сѣверу отъ зенита, напр., въ точкѣ  $D$ , имѣемъ  $HD = HN + ND$ . Но такъ какъ  $HN = 90^\circ$  — высота экватора (§ 13) и  $ND = 90^\circ$  — склоненіе свѣтила (§ 9).

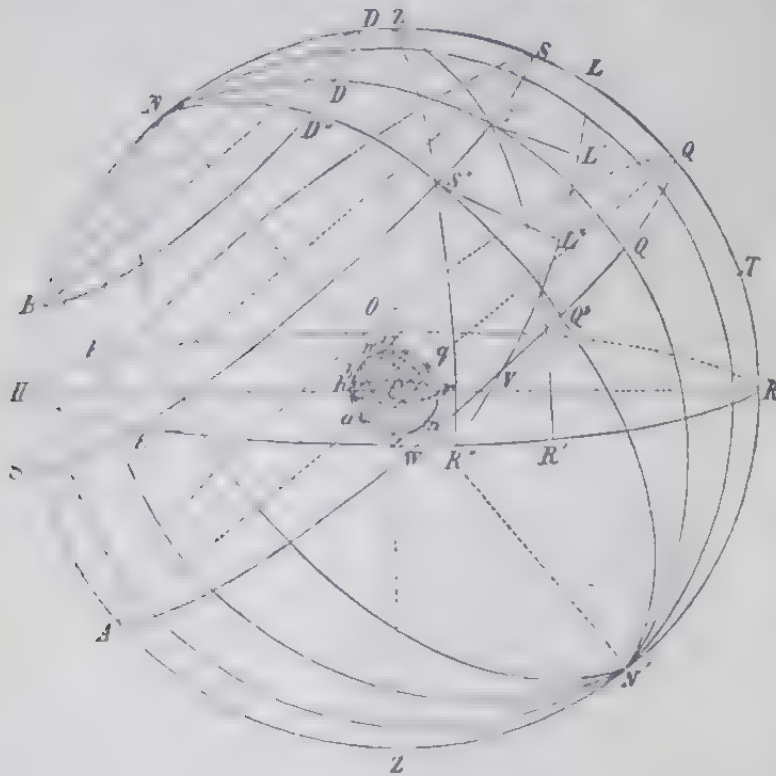


Рис. 2.

то получимъ высоту свѣтила  $180^\circ$  — склоненіе — высота экватора, или, иначе: склоненіе =  $180^\circ$  — высота экватора — высота свѣтила.

Извлекая для нижней кульминации околополярной звезды въ точкѣ  $B$  выведемъ  $HB = HN - BN$ ; отсюда, подобно предыдущему, выведемъ: высота свѣтила — склоненію — высота экватора или, что то же самое, склоненію — высота свѣтила + высота экватора.

Итакъ, если извѣстно высота экватора или горизонтъ мѣста наблюдѣнія, то, измеривъ высоту какой-нибудь свѣтила въ моментъ ея кульминации, мы, на основаніи выведенныхъ въ этомъ параграфѣ соотношеній, можемъ опредѣлить склоненіе этого свѣтила.

§ 19. Квадрантъ. Квадрантомъ называется инструментъ, служащій для измеренія высотъ. Слѣдуетъ, или, вообще, какихъ-нибудь предметовъ надъ горизонтомъ. Квадрантъ состоитъ изъ одной или двухъ плоскихъ досокъ  $ACB$  имѣющихъ форму четверти круга (рис. 3). Точка  $C$  есть центръ этого круга, уголъ  $ACB$  равенъ  $90^\circ$ . Дуга  $AB$  квадранта раздѣлена на градусы и еще мелкія части. Около центра  $C$ , какъ около оси, вращается труба, при вращеніи которой она всегда остается параллельной плоскости квадранта. Чтобы измерять высоту какого-нибудь свѣтила, прикрѣпимъ его къ столбу, такъ, чтобы плоскость  $ACB$  была вертикальна, а радиусъ  $CA$  горизонталенъ (§ 6). Приведемъ затѣмъ трубу

въ положеніе, параллельное радіусу  $CA$ , и пусть при этомъ положеніи трубы наблюдатель, глазъ котораго находится въ  $O$ , видитъ звѣзду  $S$ . Въ такомъ случаѣ, звѣзда  $S$  лежитъ на горизонтѣ наблюдателя, и высота ея равна нулю. Когда труба занимаетъ положеніе, параллельное радіусу  $C30$  и составляющее съ первоначальнымъ положеніемъ уголъ въ  $30^\circ$ , глазъ наблюдателя находится въ точкѣ  $30$ . Положимъ, что въ этомъ положеніи трубы наблюдатель усматриваетъ звѣзду  $S'$ . Такъ какъ линія  $OCS$  горизонтальна, то высота звѣзды  $S'$  надъ горизонтомъ измѣряется угломъ  $S'CS$  или равнымъ ему угломъ  $OC'30$ . Слѣдовательно, высота звѣзды  $S'$  надъ горизонтомъ равна  $30^\circ$ . Совершенно также высота звѣзды  $S''$  надъ горизонтомъ получается равною  $50^\circ$  и т. д.

§ 20. **Опредѣленіе высоты полюса.** Установимъ описанный въ предыдущемъ параграфѣ квадрантъ въ плоскости меридіана, такъ, чтобы конецъ  $C$  горизонтальнаго радіуса  $CA$  былъ направленъ къ сѣверу, а конецъ  $A$  къ югу, и будемъ этимъ инструментомъ опредѣлять высоту какой-нибудь околополярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминацій (§ 17). Если выбранная нами звѣзда описываетъ параллель  $DD'B$ , то въ моментъ верхней кульминаціи она находится въ точкѣ  $D$ , въ моментъ нижней кульминаціи въ точкѣ  $B$  (рис. 2). Въ первомъ случаѣ ея высота надъ горизонтомъ равна  $HD$ , во второмъ— $HB$ . Изъ рисунка 2 видно, что  $HD=HN-ND$  и  $HB=HN-BN$ . Но такъ какъ всѣ точки параллели находятся на одинаковомъ разстояніи отъ полюса  $N$  (§ 14), то  $BN=ND$ . Поэтому высота въ верхней кульминаціи  $=HN-ND$ , высота въ нижней кульминаціи  $=HN-ND$ . Отсюда слѣдуетъ, что средняя арифметическая изъ этихъ двухъ высотъ равна  $HN$  или высотѣ полюса въ мѣстѣ наблюденія (§ 13). А высота полюса въ свою очередь равна географической широтѣ мѣста наблюденія (§ 12).

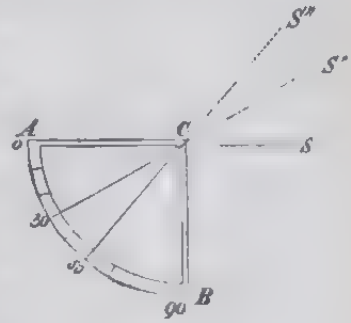


Рис. 3.

Слѣдовательно, чтобы опредѣлять высоту полюса надъ горизонтомъ какого-нибудь мѣста на земной поверхности, нужно пронаблюдать высоты какой-нибудь незаходящей звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминаціи и взять полусумму этихъ высотъ. Такъ, напр., въ Вѣнѣ были найдены слѣдующія высоты Полярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминаціи:  $49^\circ 27.5'$  и  $47^\circ 0.3'$ . Полусумма этихъ высотъ  $48^\circ 13.9'$  и равна высотѣ полюса надъ горизонтомъ Вѣны.

§ 21. **Опредѣленіе склоненій околополярныхъ звѣздъ.** Наблюдая высоты какой-нибудь околополярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминаціи, можно также опредѣлять ея склоненіе (§ 9). Въ самомъ дѣлѣ, разность наблюденныхъ высотъ  $HD$  и  $HB$  равна  $BD$  или  $2ND$ . Полуразность этихъ высотъ равна полярному разстоянію звѣзды  $ND$  (§ 9); склоненіе же звѣзды  $QD$  дополняетъ ея полярное разстояніе до  $90^\circ$ , т. е.  $QD=90^\circ-ND$ . Слѣдовательно, чтобы получить склоненіе наблюденной околополярной звѣзды, надо полуразность ея высотъ вычесть изъ  $90^\circ$ . Въ примѣрѣ предыдущаго параграфа высоты Полярной звѣзды были  $49^\circ 27.5'$  и  $47^\circ 0.3'$ . Полуразность ихъ равна  $1^\circ 13.6'$ . Вычитая эту полуразность изъ  $90^\circ$ , получаемъ склоненіе Полярной звѣзды:  $88^\circ 46.4'$ .

§ 22. **Опредѣленіе склоненій звѣздъ, кульминирующихъ къ югу отъ зенита.** Изъ наблюденій околополярныхъ звѣздъ можетъ быть опредѣлена высота полюса (§ 20). Зная же высоту полюса, мы будемъ знать также и высоту экватора  $RQ$  надъ горизонтомъ даннаго мѣста, такъ какъ высота полюса и высота экватора дополняютъ другъ друга до  $90^\circ$  (§ 13). Напр., высота полюса надъ горизонтомъ Вѣны равна  $48^\circ 13.9'$ ; слѣдовательно, высота экватора въ томъ же мѣстѣ будетъ  $41^\circ 46.1'$ .

Повернемъ теперь нашъ квадрантъ (рис. 3) около линіи  $CB$ , какъ около оси, такъ, чтобы плоскость инструмента снова совпала съ плоскостью меридіана, но чтобы



концы  $C$  горизонтальной радиуса  $CA$  были направлены къ югу, а концы  $A$  къ северу. Если мы установимъ такимъ образомъ квадрантъ, опредѣлимъ высоту  $HS$  звѣзды  $S$ , кульминирующей къ югу ось земли (рис. 2), то, вычитая изъ этой высоты  $HS$  высоту экватора  $HQ$ , мы получимъ сѣверное склонение  $QS$  нашей звѣзды (§ 18). Если же звѣзда проходитъ черезъ меридианъ ниже экватора между точками  $R$  и  $Q$ , то надо наоборотъ наблюдать высоту звѣзды вычитать изъ высоты экватора, чтобы получить южное склонение этой звѣзды (§ 18).

§ 23 Звѣздное время, опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ. Если бы мы могли въ моментъ кульминаціи какой-нибудь звѣзды  $S$  опредѣлить часовой уголъ точки весенняго равноденствія  $V$  (§§ 9 и 10), то мы знали бы также прямое восхождение этой звѣзды (§ 10). Въ самомъ дѣлѣ, часовой уголъ точки весенняго равноденствія измѣряется угломъ  $VXQ$ , или дугой  $VQ$  (§ 9); а эта послѣдняя дуга  $VQ$  и есть прямое восхождение звѣзды  $S$ . Какъ опредѣляются прямые восхожденія на практикѣ, это будетъ изложено впоследствии.

Часовой уголъ  $QV$  точки весенняго равноденствія, соответствующій какому-нибудь моменту, называется звѣзднымъ временемъ, соответствующимъ этому моменту, совершенно такъ же, какъ часовой уголъ солнца называется истиннымъ солнечнымъ временемъ (§ 26). Такимъ образомъ моменту, когда точка весенняго равноденствія проходитъ черезъ верхнюю часть  $ZQ$  меридиана, соответствуетъ  $0^h$  звѣзднаго времени, моменту же прохожденія этой точки черезъ нижнюю часть  $HZ$  соответствуетъ  $12^h$  звѣзднаго времени. Промежутокъ между двумя послѣдовательными верхними кульминаціями солнца называется солнечными сутками, и, подобнымъ же образомъ, промежутокъ между двумя послѣдовательными верхними кульминаціями точки весенняго равноденствія называется звѣздными сутками.

Прямое восхождение звѣзды, ея часовой уголъ и звѣздное время соответствующее моменту наблюденія, связаны между собою весьма простымъ соотношеніемъ. Простому, если бы въ дѣлѣ этихъ величинъ даны, то третья всегда можетъ быть найдена. Возьмемъ для примѣра звѣзду  $S'$ , ея прямое восхождение есть  $VQ$ , часовой уголъ  $QQ'$ , а звѣздное время въ моментъ наблюденія  $VQ'$ . Изъ рис. 2 видно, что  $VQ' = VQ + QQ'$ . Значитъ звѣздное время въ моментъ наблюденія равно прямому восхожденію звѣзды, сложенному съ ея часовымъ угломъ. Часовой уголъ звѣзды въ моментъ ея кульминаціи равенъ нулю, и тогда звѣздное время, соответствующее моменту наблюденія, равно прямому восхожденію звѣзды, что мы видели уже въ началѣ этого параграфа.

§ 24 Выводы. Напомнимъ читателю значеніе всѣхъ терминовъ, объясненныхъ въ трехъ предъидущихъ параграфахъ, и воспользуемся для этого рисункомъ 4. На этомъ рисункѣ означены:  $HWK$  — горизонтъ мѣста наблюденія,  $Z$  — zenith мѣста наблюденія,  $AWQ$  — экваторъ,  $N$  — сѣверный полюсъ экватора,  $MVL$  — эклиптику,  $E$  — сѣверный полюсъ эклиптики,  $NE$  — наклонность эклиптики,  $H$  — точку сѣвера,  $W$  — точку запада,  $R$  — точку юга,  $V$  — точку весенняго равноденствія,  $NH = QZ$  — высоту полюса надъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Проведемъ черезъ полюсы  $Z$ ,  $N$  и  $E$  и черезъ звѣзду  $S'$  дуги  $ZR'$ ,  $NQ'$  и  $EL'$ , перпендикулярныя соответственно къ кругамъ  $HWK$ ,  $AWQ$  и  $MVL$ . Круги  $ZR'$ ,  $NQ'$  и  $EL'$  называются соответственно: кругомъ высотъ, кругомъ склоненій и кругомъ широтъ. Далѣе для звѣзды  $S'$  будемъ:  $S'R'$  — высота  $ZS$  — зенитное разстояніе,  $S'Q$  — склоненіе,  $NS'$  — полярное разстояніе,  $S'L$  — широта,  $RZR' = RR'$  — азимуть,  $Q'NQ' = QQ'$  — часовой уголъ,  $VXQ' = VQ$  — прямое восхождение,  $VEL = VL$  — долгота. Наконецъ  $VXQ' = VQ$  есть часовой уголъ точки весенняго равноденствія или звѣздное время въ моментъ наблюденія.

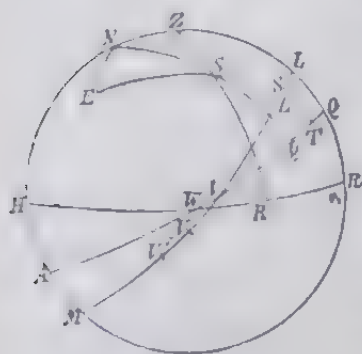


Рис. 4.

# ЧАСТЬ I.

## Теоретическая астрономія или небесныя явленія вообще.

### ГЛАВА I.

#### Видъ и размѣры земли.

§ 1. **Первыя впечатлѣнія.** На первый взглядъ земля представляется намъ плоскостью, надъ которою, въ видѣ свода, возвышается небо съ его облаками и звѣздами. Съ высокими башенъ или горъ нашъ кругозоръ больше, но все же та часть земли, которую мы видимъ изъ этихъ точекъ, намъ кажется тоже плоскостью, если, конечно, не принимать во вниманіе небольшихъ неровностей окружающій насъ мѣстности. Въ открытомъ спокойномъ морѣ явленіе это выступаетъ еще яснѣе. Такимъ образомъ, на основаніи первыхъ впечатлѣній, человѣкъ приходитъ къ заключенію, что земля есть простирающаяся во все стороны до безконечности плоскость, надъ которою, въ видѣ шатра, раскинутъ небесный сводъ. Таковы, безъ сомнѣнія, были астрономически предположенія перваго человѣка, таковы они еще и теперь у дикихъ народовъ.

§ 2. **Земля не есть плоскость и не имѣетъ опоры.** Достаточно нѣсколько большаго вниманія, чтобы замѣтить ошибочность вышеприведеннаго предположенія, что земля есть простирающаяся безгранично во все стороны плоскость, и что она покоится, какъ некогда думали, на какой-то подставкѣ. Мы ежедневно видимъ, что солнце взошло на востокъ и зашло на западъ, и никто, конечно, не сомнѣвается, что каждый день передъ нами является постоянно одно и то-же солнце. Но гдѣ же бываетъ солнце по ночамъ? Что дѣлается съ луной и со всѣми остальными свѣтилми, когда они также ежедневно исчезаютъ на западъ съ гѣмъ, чтобы черезъ нѣкоторое время опять появиться на восточной части неба? Видѣ, очевидно, это тѣ-же самыя свѣтила, которые мы видѣли вчера, третьего дня и т. д. А въ такомъ случаѣ они должны были пройти подъ нами, подъ землею; очевидно, что надъ землею находится лишь часть гѣмъ круговъ, которые свѣтила описываютъ около земли, между гѣмъ-такъ-другія части ихъ находятся подъ землею и заслонены отъ насъ гѣмомъ самой земли. Изъ этого вытекаетъ, что земля не можетъ быть плоскостью, простирающеюся во все стороны до безконечности: какъ бы гѣмъ она ни была, она во всякомъ случаѣ простирается въ ту или другую сторону только до извѣстныхъ предѣловъ; иначе небесныя свѣтила не могли бы совершить своихъ движеній вокругъ земли.

Точно также мы должны отказаться отъ предположенія, что земля поддерживается какой-то подставкой. Въ самомъ дѣлѣ, трудно представить себѣ такой пьедесталъ, который поддерживалъ бы огромнѣйшую массу ~~земли~~ ~~и~~ ~~въ~~ ~~эту~~ ~~подставку~~, въ свою очередь, должна поддерживать другая подставка, эту третью и т. д.! На чѣмъ же покоится послѣдняя изъ всѣхъ этихъ подставокъ? Далѣе, какимъ образомъ небесныя свѣтила, совершая свое движеніе подъ землею, могли бы миновать всѣ эти подставки? Въѣ они толжны были бы или разломать ихъ, или двинуться по безчисленному множеству каналовъ, перерѣзывающихъ весь этотъ массивный пьедесталъ!

Очевидно, что мысль о какой бы то ни было подставкѣ должна быть отброшена, и надо допустить, что земля не только въ горизонтальномъ направленіи, т. е. въ той своей

части, на которой находимся мы сами, но также и в нижней своей части, для нас невидимой, простирается лишь до известных предель. Итак, очевидно, что земля есть тело, ограниченное со всех сторон, и, какую бы форму она ни имела, она во всех частях своей поверхности соприкасается с окружающим ее воздухом, или вообще, с так называемым мировым пространством. Вместе с тем необходимо допустить, что она свободно висит в мировом пространстве. Но истина, это смелая мысль для того, кому она впервые пришла в голову, хотя бы она дошла до нас путем последовательных логических размышлений!

§ 3. **Шарообразность земли.** Нам остается определить внешнюю форму свободно висящей в мировом пространстве земли. Имела ли она форму куба, цилиндра или какого-нибудь другого тела? Такие вопросы, очевидно, могут быть решены только с помощью наблюдений. Если бы мы могли увидеть нашу землю с весьма удаленного от нас пункта, напр., с луны, то, конечно, вопрос был бы сразу решен. Но так как мы постоянно находимся на земле, и пути, которые могли бы нас привести на луну, нам неизвестны, то ограничимся тем, что поднимемся над поверхностью земли как можно выше, чтобы расширить взгляд по возможности большую часть ее. В этом отношении весьма подходящими для нас являются горы, особенно те, которые уединенно возвышаются над окружающею их равниною. В каком же виде представляется наблюдателю та часть земли, которую он видит с вершины такой горы? Она представляется ему в виде круга, в центре которого находится сам наблюдатель. Все предметы на окружности этого круга кажутся наблюдателю находящимися от него на одинаковых расстояниях и лежащими одинаково низко относительно вершины горы. Точнейшие измерения приспособленными для этой цели инструментами вполне это подтверждают, а в открытом море это положение даже с первого взгляда является неоспоримой истиной.

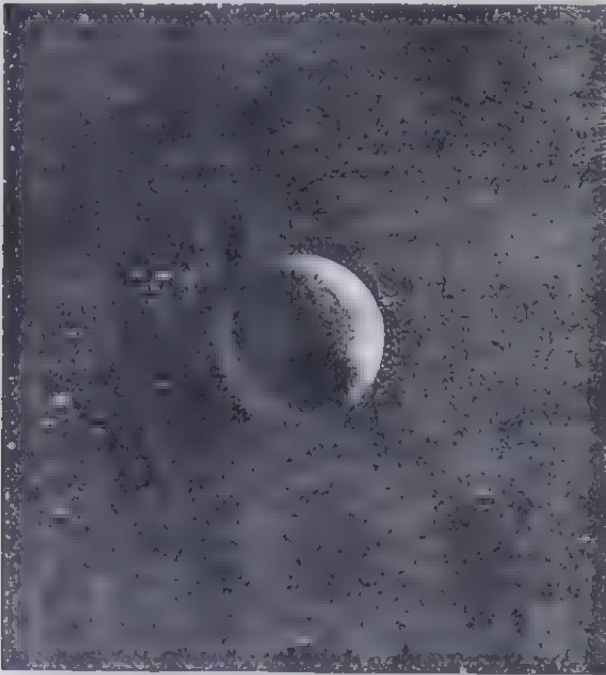


Рис. 5.

Но если поверхность земли плоска, откуда бы мы ни посмотрели с возвышенной точки ни с какой стороны, представляется нам одна и та же круговая линия, то сама земля, очевидно, не могла иметь форму шара, так как только при этом предположении может иметь место такое явление во всех точках. Итак, обитаемая нами земля не есть плоскость, безмерно простирающаяся во все стороны, иль, наша земля есть шар, без всякой поддержки свободно висящий в мировом пространстве (рис. 5), подобно луне и солнцу, во всем нам представляется шарами, висящими на небе. Солнце, появляясь на востоке и обходя нас с левого края обитаемой нами страны, приносит нам день. Совершивши расхождение и с левой и потому видимую у нас часть своего естественного пути по небесному своду и скрывшись вечером от наших глаз, солнце переходит в ту часть своего пути,

которая лежитъ подъ нами, по другую сторону земли, и начинаетъ освѣщать противоположныя намъ страны земного шара. Последнія радостно встрѣчаютъ дневной свѣтъ, между тѣмъ какъ мы погружаемся въ мракъ ночи и пребываемъ въ немъ до тѣхъ поръ, пока утренний заря на востокъ не разбудитъ насъ снова отъ нашего сна. Тогда у насъ наступаетъ новый день, между тѣмъ какъ противоположныя намъ страны въ свою очередь окутываются темнымъ покровомъ наступающей ночи. Такимъ образомъ свѣтъ и мракъ сдѣлываютъ другъ друга на нашей шарообразной землѣ, и одно и то же солнце, совершая въ теченіе сутокъ свои круговой путь около земли, послѣдовательно освѣщаетъ и согреваетъ своими благотворными лучами всѣ страны земного шара.

§ 4. Другія доказательства шарообразности земли. I. Видъ отдаленныхъ предметовъ. Если мы, путешествуя по ровной мѣстности, станемъ постепенно приближаться къ отдаленной горѣ или къ высокой башнѣ, то, прежде всего, нашимъ взорамъ представятся высшія точки эгидъ предметовъ, а затѣмъ постепенно будутъ выступать нижележащія. Точно



Рис. 6.

также и въ открытомъ морѣ—наблюдатель, находящійся на берегу и слѣдящій за удаляющимся судномъ, сначала теряетъ изъ виду нижнія части корабля, затѣмъ болѣе высокія, наконецъ, видитъ одинъ лишь верхушки мачтъ, и только удь послѣ этого исчезаетъ весь корабль

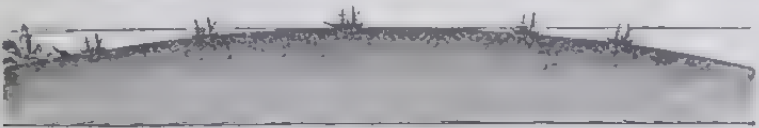


Рис. 7.

(рис. 6 и 7). Такъ какъ это явленіе наблюдается во всѣхъ мѣстахъ земной поверхности, то, слѣдовательно, земля должна имѣть шарообразную форму; ибо, если бы она была плоскостью, то удаляющійся отъ насъ корабль не скрывался бы изъ виду постепенно, какъ это описано выше, но, по мѣрѣ удаленія, дѣлался бы, подобно птицѣ или воздушному шару, все меньше и меньше, сразу во всѣхъ своихъ частяхъ, пока, наконецъ, не исчезъ бы совершенно.

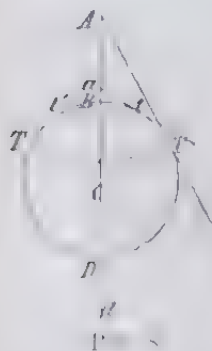
II. Путешествія по направленію меридіана и путешествія вокругъ свѣта. Каждому извѣстно прекрасное созвѣздіе нашего сѣвернаго неба, называемое Большой Медвѣдицей или Колесницей. Оно состоитъ изъ 7 яркихъ звѣздъ, изъ которыхъ четыре, играющія роль колесъ, образуютъ почти правильнѣйшій четырехугольникъ, между 1-ымъ какъ три остальные представляютъ нѣсколько искривленное дышло. Если черезъ два заднихъ колеса этой колесницы провести прямую линію и протолкнуть ее по направленію къ сѣверу на разстояніе, въ 5 разъ превышающее разстояніе между самими колесами, то мы встрѣимъ яркую звѣзду, которая носитъ название Полярной. Эта звѣзда, о которой мы уже упоминали выше (Введ. §§ 20 и 21) и о которой впоследствии будемъ имѣть случай говорить не одинъ разъ, почти совсѣмъ не движется на небесномъ сферѣ, въ то время какъ друія въ теченіе сутокъ описываютъ около нея мнѣншіе или болѣешия круги. Если мы будемъ передвигаться по поверхности земли по направленію съ юга на сѣверъ, имѣя все время передъ глазами Полярную звѣзду, то высота этой звѣзды надъ горизонтомъ будетъ постоянно увеличиваться, причѣмъ пропорціонально пройденному нами разстоянію. Такое путешествіе съ юга на сѣверъ мы совершили бы, если бы, напр., перѣехали изъ Рима въ Венецію, затѣмъ въ Ревенбургъ, Лемницъ и наконецъ въ Ростокъ. Въ Римѣ высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ равна 42° а въ Ростоцѣ 54°. Такимъ образомъ, при перемѣщеніи наблюдателя изъ Рима въ Ростоцъ разстояніе между которыми составляетъ 1330 километровъ, высота Полярной звѣзды увеличивается на 12°. Следовательно увеличеніе этой высоты на 1° соответствуетъ перемѣщенію наблюдателя по поверхности земли на 111 километровъ.

Далѣе извѣстно, что кругосвѣтные мореплаватели, притеркиваясь во время своего путешествія неизменно одною и того же направленія, напр., съ востока на западъ, и, возвращаясь, постоянно удаляясь отъ вѣдѣнаго пункта своего путешествія въ концѣ концовъ опять достигали того же самаго пункта, изъ котораго они вышли, но только съ другой стороны; въ то, въ другое не было бы возможно, если бы земля была плоскостію.

III. Луныя затмѣнія. Кто видѣлъ лунное затмѣніе и знаетъ, что оно происходитъ тогда когда луна всходитъ въ тѣнь, отбрасываемую освѣщенною солнцемъ землею, тому отнюдь нѣтъ этого явленія оставаться уже доказательствомъ шарообразности земли: при лунномъ затмѣніи граница тѣни, отбрасываемой землею на поверхность луны, всегда представляетъ круглую, поэтому очевидно, что земля, отбрасывающая эту тѣнь, не можетъ быть плоскостію, а должна быть сферомъ, ограниченнымъ кривою поверхностью.

IV. Форма другихъ небесныхъ тѣлъ. Когда въ 16-мъ столѣтіи была изобрѣтена телескопическая труба, астрономы замѣтили, что нѣкоторыя другія небесныя тѣла имѣютъ шарообразную форму. Но если форму шара имѣютъ солнце, луна и всѣ планеты съ ихъ спутниками, то почему же земля должна имѣть иную форму? Форма другихъ небесныхъ тѣлъ, следовательно тѣтъ намъ новое, хотя и не прямое, доказательство шарообразности земли.

§ 5. Какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ высокой горы. Если что-либо какъ мы убѣдились въ шарообразности земли, самъ собою въграничивается вопросъ, какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ вершины какой-нибудь горы, высота которой извѣстна, и какъ какіе-либо предметы намъ при этомъ видима часть земли. Пусть точка *C* есть центръ шарообразной земли, и пусть опять наблюдатель *a* находится на высотѣ *Ba*, а другой *A* на высотѣ *BA* надъ поверхностью земли (рис. 8). Проведемъ изъ точекъ *a* и *A* прямыя линіи *at* и *AT*, касающіяся поверхности земли въ точкахъ *t* и *T*. Окружности *tt* и *TT* ограничиваютъ части земли, видимыя изъ точекъ *a* и *A*. Лучи *Bt* и *Bt'* мы можемъ принять за радиусы этихъ окружностей. Дополненіе до 90° дуги *Cat* и *CA'T'*, подъ которыми наблюдатель видитъ радиусы *Bt* и *Bt'*, называется



пониженіемъ горизонта. Изъ рисунка видно, что съ увеличеніемъ высоты наблюдателя увеличивается также радіусъ окружности, ограничивающей видимую часть поверхности земли, такъ что мы видимъ тѣмъ большую часть ея, чѣмъ выше мы поднимаемся. Но въѣсть съ тѣмъ, хотя видимая часть земли и увеличивается по мѣрѣ нашего поднятія надъ поверхностью земли, все же нашему глазу она представляется все подъ меньшимъ и меньшимъ угломъ и, слѣдовательно, кажется намъ все меньше и меньше. Такъ, если мы поднимемся надъ поверхностью земли на незначительную высоту въ 10 метровъ, то въ открытомъ морѣ мы можемъ обозрѣть часть, ограниченную окружностью, радіусъ которой равенъ 11 километрамъ; но этотъ радіусъ мы видимъ подъ угломъ, отличающимся отъ прямого угла всего только на 6. Другими словами, всѣ линіи, соединяющія нашъ глазъ съ точками, лежащими на этой окружности, лишь весьма незначительно наклонены къ горизонту, и вся видимая часть земли намъ кажется почти вполне горизонтальною плоскостью. А если бы мы могли перемѣститься на луну, которая отстоитъ отъ поверхности земли на 384 000 километровъ, то съ такого большого разстоянія мы увидѣли бы почти цѣлую обращенную къ намъ половину земли; но такую большую часть земли мы видѣли бы лишь подъ небольшимъ угломъ, не превышающимъ 2°, т. е. земля намъ представлялась бы шаромъ, діаметръ котораго былъ бы приблизительно только въ 4 раза больше видимаго діаметра солнца или луны.

Нижеслѣдующая таблица даетъ радіусъ *BT* окружности, ограничивающей видимую съ высоты *BA* часть земли, и уголъ *СAT*, подъ который глазу въ *A* представляется радіусъ *BT*. Этотъ послѣдній данъ въ километрахъ, высота же *BA* выражена въ метрахъ

Высота.	Радіусъ.	Уголъ.	Высота.	Радіусъ.	Уголъ.	Высота.	Радіусъ.	Уголъ.
10 м.	11,4 км.	89°51,4	100 м.	35,8 км.	89°40,7'	1000 м.	112,9 км.	88°59,1
20 »	15,5 »	51,4	200 »	50,4 »	32,8	2000 »	159,5 »	33,9
30 »	19,7 »	49,4	300 »	61,7 »	26,7	3000 »	195,5 »	14,5
40 »	22,6 »	47,8	400 »	71,3 »	21,5	4000 »	225,7 »	87°58,2
50 »	25,2 »	46,4	500 »	79,9' »	16,9	5000 »	252,4 »	43,8
60 »	27,6 »	45,1	600 »	87,5 »	12,8	6000 »	276,5 »	30,8
70 »	29,8 »	43,9	700 »	94,5 »	9,0	7000 »	298,5 »	18,9
80 »	31,9 »	42,9	800 »	101,0 »	5,5	8000 »	319,1 »	7,8
90 »	33,9 »	41,7	900 »	107,1 »	2,2	9000 »	338,9 »	86°57,1
100 »	35,8 »	40,7	1000 »	112,9 »	88°59,1	10000 »	356,7 »	47,5

Пользуясь этой таблицей находимъ, что съ Монблана (высота 4800 м.) видна часть земли, ограниченная окружностью, радіусъ которой равенъ 247 километрамъ. Для высочайшей на землѣ вершины Гауризангаръ въ Гималаяхъ (высота 8850 метровъ) радіусъ соответственной окружности равенъ 330 километрамъ.

§ 6. **Размѣры земли.** Весьма интересно и важно знать размѣры земного шара. Обратимся опять къ рисунку 8. Линія *AT* касается круговаго сѣченія *BTDT* земли, а такъ какъ касательная къ кругу перпендикулярна къ радіусу въ точкѣ касанія, въ нашемъ случаѣ къ радіусу *CT*, то центральный уголъ *ACT* равенъ 90° безъ угла *СAT*. Но на поверхности земли центральному углу *ACT* соответствуетъ дуга *BT*, которая есть не что иное, какъ радіусъ окружности, ограничивающей видимую изъ *A* часть земли. Если бы мы могли измѣрить уголъ *СAT=90°-ACT* и дугу *BT*, то по простой пропорціи мы нашли бы и длину окружности круговаго сѣченія земли, именно:

$$\text{Дуга } BT : \text{окружн. } BTDTB = \text{уголъ } ACT : 360^\circ.$$

Положимъ, напр., что съ высоты въ 5000 метровъ мы видимъ радіусъ *BT*, равный 252,4 килом., подъ угломъ 87°43,8. Въ такомъ случаѣ соответственный центральный

уголъ  $ACT$  равен  $90^\circ - 87^\circ 43.8' = 2^\circ 16.2'$ , и длину окружности  $BTDTB = x$  ми найдемъ по пропорціи

$$252,4 : x = 2^\circ 16,2' : 360^\circ,$$

откуда получаемъ  $x = 40\ 028$  километръ.

Эта величина весьма близка къ истинной. Впрочемъ точное опредѣленіе угла  $CAI$  весьма затруднительно: измѣреніе же разстоянія отъ точки  $T$ , гдѣ линія  $AT$  касается поверхности земли, до основанія  $B$  горы  $BA$  представляетъ еще большія трудности. Поэтому по только что изложенному способу совѣтъ нельзя надѣяться получить сколько-нибудь удовлетворительный результатъ.

Гораздо болѣе удобный и точный способъ представляютъ намъ путешествія по направленію меридіана. Мы выше (§ 4, II) видали, что при передвиженіи наблюдателя съ юга на сѣверъ на 111 километровъ высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ увеличивается на  $1^\circ$ . Другими словами, разстоянію въ 111 километровъ на поверхности земли соответствуетъ при центрѣ земли уголъ въ  $1^\circ$ . Следовательно, длина всей окружности круговаго сѣченія земли должна быть равна  $111 \times 360 = 39\ 960$  килом., что, круглымъ числомъ, составляетъ, какъ я равьше, 40000 километровъ \*).

Такимъ образомъ мы видимъ, что задача объ опредѣленіи величины земли распадается собственно на двѣ части. Во-первыхъ, надо по возможности точно измѣрить на поверхности земли разстояніе между двумя точками, лежащими на одномъ и томъ же меридіанѣ, а затѣмъ необходимо опредѣлить разность географическихъ широтъ (Введ. §§ 13 и 20) этихъ точекъ; тогда длина окружности круговаго сѣченія земли вычислится по простой пропорціи.

Такъ какъ въ этой задачѣ окончательно дѣло сводится къ опредѣленію длины дуги, соответствующей центральному углу въ  $1^\circ$ , то нецѣлесообразно для этого дѣйствія носить названіе градуснаго измѣренія.

§ 7. **Болѣе точное опредѣленіе фигуры земли. Основная мѣра.** На основаніи наблюденій, о которыхъ говорилось въ предыдущихъ параграфахъ, мы пришли къ тому заключенію, что земля шарообразна. Эти наблюденія въ прежнія времена не отличались высокой точностью и потому могли дать только общее понятіе о фигурѣ земли. И только много времени спустя стало извѣстно, что земля въ точности не представляетъ собою шара. Въ такихъ наукахъ, которыя, подобно геометріи, основываются на нѣкоторыхъ очевидныхъ истинахъ, мы, постѣ дѣльно ряда разсужденій, доходимъ до вполне точныхъ и строгихъ результатовъ. Астрономія же хотя и пользуется математическими разсужденіями для вывода окончательныхъ результатовъ, но исходитъ при этомъ изъ такихъ фактовъ, которые получаются изъ наблюденій и потому, въ зависимости отъ наблюдательныхъ средствъ, могутъ болѣе или менѣе отличаться отъ истины: чѣмъ точнѣе наблюденія, тѣмъ ближе къ истинѣ добытый изъ наблюденій фактъ, и тѣмъ строже окончательныя заключенія астрономовъ. Но при наблюденіяхъ надъ внѣшнимъ окружающимъ насъ міромъ слишкомъ трудно сразу предвидѣть всѣ обстоятельства, которыя могутъ вліять на результаты. Поэтому-то мы сначала стремимся познать наблюдаемое нами явленіе въ общихъ чертахъ, или, какъ говорятъ астрономы, рѣшаемъ задачу въ первомъ приближеніи. Только выяснивъ самую сущность явленія, мы приступаемъ къ новому ряду изслѣдованій для изученія мелкихъ подробностей сопровождающихъ явленія, и, благодаря этому, постепенно все ближе и ближе подходимъ къ истинному его объясненію. Такого пути къ достиженію истины придерживались по крайней мѣрѣ всѣ наиболѣе талантливые изслѣдователи. То же самое было и съ

\*) Если известна окружность Большаго круга, то легко вычислить и радиусъ шара, его и всѣхъ остальнаго. Пусть  $r$  радиусъ шара  $= 3,1415926$ ; тогда окружность Большаго круга  $2\pi r$ , площадь  $4\pi r^2$ , поверхность шара  $4\pi r^2$ , объемъ шара  $\frac{4}{3}\pi r^3$ . Принимая радиусъ земли равнымъ 6378 км., получаемъ, окружность большаго круга земли равна 40026 кил., поверхность земли 510 милл. и квадрат. кил. м., а объемъ земли 1083000 милл. кубич. кил.ом.

задачей объ опредѣленіи фигуры земли. Весьма нелегко, конечно, было первому изслѣдователю, занимавшемуся размышленіемъ о фигурѣ земли, отрѣшиться отъ мысли, что земля есть плоскость, отъ мысли, не допускаявшей раньше никакого сомнѣнія, и представить себѣ емлю въ видѣ огромнаго шара. Но, безъ сомнѣнія, было еще труднѣе опредѣлить истинную фигуру земли со всѣми ея небольшими отклоненіями отъ шарообразной формы. Въ теченіе многихъ столѣтій довольствовались предположеніемъ, что земля есть шаръ, и это предположеніе вѣснѣе соответствовало общему состоянію астрономическихъ знаній того времени. Въ то время изслѣдованія касались скорѣе размеровъ земли, чѣмъ ея фигуры. Гибъ пути, которыми шли къ достиженію этой цѣли, были, подобно вышеуказанному, направлены къ тому, чтобы найти длину дуги большаго круга на поверхности земли и соответствующій этой дугѣ уголъ при центрѣ земли. Эратосфень (род. въ 276 г. до Р. Хр.) началъ на мысль, что, если выбрать дугу по направленію меридіана, то опредѣленіе соответственнаго этой дугѣ угла значительно облегчается, такъ какъ искомый уголъ въ этомъ случаѣ равенъ разности географическихъ широтъ конечныхъ пунктовъ дуги. Но не легко измѣрить эту дугу. Она, безъ сомнѣнія, можетъ быть измѣрена съ помощью непосредственнаго укладыванія плоской мѣры на поверхности земли по направленію дуги меридіана, какъ это уже въ 827 году сдѣлалъ Калифъ Альмазунъ въ степи Сиджаръ, а въ болѣе позднее время Мазонъ (1764—1768) въ Пенсильваніи. Но такой способъ применимъ только къ измѣренію небольшихъ дугъ, по длинѣ которыхъ нельзя съ достаточною точностію опредѣлять длину цѣлой окружности. Въ случаѣ же большихъ дугъ непосредственное измѣреніе ихъ крайне затруднительно, а въ большинствѣ случаевъ, вслѣдствіе встречающихся на пути неровностей, водныхъ бассейновъ и другихъ препятствій даже совершенно невозможно. Послѣ различныхъ болѣе или менѣе неудовлетворительныхъ попытокъ прийти къ цѣли другимъ путемъ, наконецъ, отдали предпочтеніе способу, извѣстному подъ названіемъ триангуляціи. Дугу, которую желаютъ измѣрить, связываютъ цѣпью треугольниковъ съ болѣе короткою и удобоизмѣримою прямою линіей, такъ называемымъ базисомъ, который измѣряютъ непосредственно, при томъ возможно гнательнѣе, а въ треугольникахъ измѣряютъ одни углы, что можетъ быть исполнено съ большою точностію. Длина дуги получается чрезъ посредственное рѣшеніе треугольниковъ. Такого рода измѣреніе дуги ввелъ голландскій астрономъ Снелліусъ въ началѣ 17-го столѣтія. Оно дало возможность открыть не большія различія въ длинахъ дугъ, соответствующихъ равнымъ угламъ, но лежащихъ въ разныхъ частяхъ земной поверхности, а слѣдовательно и не большія отклоненія земли отъ шарообразной формы.

Какъ бы ни былъ великъ шагъ впередъ, сдѣланный Снелліусомъ, все же только конецъ 17-го столѣтія, когда выступилъ на сцену французъ Никартъ, впервые применивши при триангуляціи зрительныя трубы, можетъ считаться началомъ периода, въ которомъ можно было ожидать точнаго рѣшенія задачи о видѣ земли. Несмотря на это, приблизительно на 40 лѣтъ позже, на основаніи новаго измѣренія, произведеннаго подъ руководствомъ выдающихся астрономовъ Лагиря, Домъ и Якъ Кассини, пришли къ неверному заключенію, что земля имѣетъ удлинненную эллипсоидную форму. Когда теоретически была доказана неосновательность такого заключенія (см. ниже § 13 III). Парижская Академія Наукъ, чтобы не оставить мѣста для сомнѣнія, въ началѣ 18-го столѣтія, снарядила двѣ экспедиціи испытанныхъ геометровъ, одну подъ начальствомъ Бутера и Кондамина въ Перу, другую подъ начальствомъ Клеро и Мопертюи въ Лапландію. Благодаря этимъ новымъ измѣреніямъ, доказавшимъ, что земля есть гбю, приплюснутое у полюсовъ, спорный вопросъ былъ окончательно рѣшенъ.

Послѣдовавшее съ теченіемъ времени усовершенствованіе инструментовъ побудило французскую Академію въ 1792 году поручить Мешеню и Деламбру произвести со всѣй возможной точностію измѣреніе дуги меридіана отъ Дюнкирхена до Монжуи близъ Барселоны. Эта дуга въ первые годы 19-го столѣтія была протолжена астрономами Бю и Арато



до острова Ферментерл. Вычисленіе этихъ измѣреній было поручено астрономамъ Бувару Буркгарту и Матье, результатъ всей работы, охватившей дугу длиною болѣе 12°, или 1400 километровъ, опубликованъ въ обширномъ сочиненіи: «Base du systeme metrique», вышедшемъ подъ редакціей Делаамбра.

При этомъ французская Академія, какъ видно изъ самого заглавія только что упомянутого сочиненія, имѣла въ виду не только опредѣлить точные размѣры и фигуру земли, но также установить и такъ называемую основную мѣру, т. е. неизмѣнную единицу длины, которая была бы заимствована изъ природы, и которую всегда можно было бы снова опредѣлить, если бы образецъ ея затерялся. Эта единица, которую называли метромъ, должна была составлять одну десятиmillionную часть четверти земного меридіана. Мысль о неизмѣнной основной мѣрѣ длины, впрочемъ, въ то время уже была не новою. Еще въ 1670 году Мутоувъ предложилъ за единицу длины принять дугу меридіана длиною въ 1, т. е. въ сущности еще и теперь употребляющуюся морскую милю. Около этого же времени Королевское Общество въ Лондонѣ, подъ претѣдательствомъ Христофора Врена, неоднократно занималось этимъ вопросомъ, но не пришло ни къ какому опредѣленному результату, отчасти потому, что и тогда уже видѣли неудобства, съ которыми пришлось бы встрѣтиться при приведеніи въ исполненіе мысли о такой основной мѣрѣ, отчасти потому, что не могли прийти къ соглашенію относительно того, выбрать ли за основную мѣру длины длину секунды маятника или длину известной части земного меридіана. Лѣтъ пятьдесятъ спустя, Бутеръ снова указывалъ на длину секунднаго маятника, какъ на основную мѣру длины.

Какъ ни заманчива кажется на первый взглядъ идея объ основной мѣрѣ, тѣмъ не менѣе она непрактична или, вѣрнѣе сказать, призрачна. Что касается собственно до метра, то онъ, какъ одна десятиmillionная часть четверти земного меридіана, былъ бы лишь идеальнымъ метромъ, и, въ случаѣ необходимости снова получить его величину, пришлось бы снова производить сопряженное съ большими трудностями градусное измѣреніе. Поэтому прежде всего было необходимо установить матеріальный метръ, образецъ, который, какъ метръ-прототипъ, и сдѣлался основаніемъ всей новой системы мѣръ. Но вмѣстѣ съ этимъ уже были оставлены идея объ основной мѣрѣ, заимствованной изъ самой природы. Кромѣ того, если даже допустить, что фигура земли вообще остается неизмѣнной (хотя и тутъ возможны нѣкоторыя измѣненія), то все же опредѣленіе величины метра зависѣтъ отъ наблюденій и отъ способовъ вычисленія; но какъ для тѣхъ, такъ и для другихъ возможны усовершенствованія, благодаря которымъ какое новое измѣреніе, произведенное съ болѣе точными вспомогательными средствами, вообще даетъ новую величину метра, нѣсколько отличающуюся отъ прежней. Для болѣе убѣдительности замѣтимъ, что и въ настоящее время введенная изъ наблюденій длина четверти земного меридіана не вѣрна на нѣсколько сотъ метровъ, несмотря на то, что теперь прибавилось большее число точныхъ и охватывающихъ огромное пространство градусныхъ измѣреній въ Германіи, Россіи, Швеціи, Ост-Индіи, на мысѣ Доброй Надежды и т. д., и не смотря на то, что точность новыхъ измѣреній значительно превосшла точность французскихъ. Въ 1837 году Бессель изъ совокупности всѣхъ известныхъ тогда и заслуживающихъ довѣрія градусныхъ измѣреній вычислилъ размѣры земли, наилучшимъ образомъ удовлетворяюще этимъ измѣреніямъ, и нашелъ, что четверть земного меридіана равна не 10 000 000 метровъ, а 10 000 856 метрамъ, если за длину метра считать его первоначальную длину, выведенную изъ французскаго измѣренія. Такимъ образомъ эта мнимо-неизмѣнная единица длины должна была бы быть увеличена приблизительно на  $\frac{1}{10}$  миллиметра, если за длину метра дѣйствительно считать одну десятиmillionную часть четверти меридіана.

Что же теперь дѣлать? Измѣнилъ ли длину метра или отношеніе его къ четверти земного меридіана? Парижская Академія Наукъ постановила не мѣнять длины метра-прототипа, оставивъ его и впродъ основной единицейъ длины. При введеніи метрической системы

мѣръ было изготовлено большое число копій съ метра-прототипа, которыя, послѣ сравненія съ нимъ, и были разосланы въ различные государства для хранения. Всѣ эти копіи служатъ только для сравненія съ ними гѣхъ мѣръ, которыя употребляются для непосредственныхъ измѣреній. Въ случаѣ порчи какой-нибудь копіи, она можетъ быть отправлена въ Парижъ для новаго сравненія съ хранящимся тамъ метромъ.

Собственно говоря позднѣйшая географическая или шведская миля явилась также основной мѣрой въ томъ-же смыслѣ, какъ и метръ. Если принять окружность экватора равной 5400 географическимъ милямъ, то 1° экватора будетъ равенъ 15 геогр. милямъ. Одна минута, какъ шестидесятая часть градуса, равна  $\frac{1}{4}$  геогр. мили; эта длина еще и теперь употребляется подъ названіемъ морской мили. По вычисленію Бесселя, окружность экватора равна 40070.368 километрамъ. Сообразно съ этимъ, географическая миля составляетъ 7,420 или, приблизительно,  $7\frac{1}{2}$  километровъ. Пользуясь этимъ соотношеніемъ, мы легко можемъ перечислять километры въ географическія мили и обратно.

## ГЛАВА II.

### Суточное движеніе земли.

§ 8. Суточное движеніе небеснаго свода. Мы уже видѣли, что небесный сводъ съ вѣками находящимся на немъ свѣтилми, вращается около земли съ востока на западъ, совершая полный оборотъ въ теченіе сутокъ. По крайней мѣрѣ, такое впечатлѣніе получается у всякаго при разсматриваніи звѣзднаго неба, почему предположеніе о вращеніи небеснаго свода и существовало у вѣхъ народовъ съ незапамятныхъ временъ. Несколько столѣтій назадъ этого мнѣнія придерживались и ученые; мало того, оно считалось непреложной истиной, за одно сомнѣніе въ которой привлекали къ суду.

Прежде чѣмъ рѣшить вопросъ, правильно ли такое мнѣніе, необходимо обстоятельно разсмотрѣть то явленіе, на основаніи котораго этого мнѣнія составилось. Съ этой цѣлью выйдемъ въ ясный вечеръ, вѣкоръ послѣ захода солнца, на открытое ровное мѣсто и обратимъ вниманіе на небо. Оно намъ представится въ видѣ обширнаго шарообразнаго свода, усыяннаго звѣздами различныхъ величинъ. Выберемъ какую-нибудь отдѣльную группу звѣздъ, наиболѣе бросающуюся въ глаза, и будемъ слѣдить за этой группой въ теченіе нѣкотораго времени, относя положенія звѣздъ къ какимъ-нибудь неподвижнымъ земнымъ предметамъ, напр., къ дереву, башнѣ и т. п. Мы вѣкоръ замѣтимъ, что звѣзды избранной нами группы, не мѣняя своего относительнаго положенія, перемѣщаются всѣ вмѣстѣ по небесному своду съ востока на западъ. Обратимся лицомъ къ Полярной звѣздѣ (§ 4 II), иначе говоря, къ северу. Тогда мы замѣтимъ, что звѣзды, лежація на восточной сторонѣ небесной сферы, т. е. направо отъ насъ, поднимаются все выше и выше надъ горизонтомъ, между тѣмъ какъ звѣзды, находящіяся на противоположной, западной сторонѣ неба, или направо отъ насъ, опускаются все ниже и ниже; на западѣ свѣтила, достаточно удаленныя отъ Полярной звѣзды, приближаясь къ горизонту, наконецъ, совсѣмъ исчезаютъ подъ нимъ; зато на востокъ изъ-за горизонта появляются новыя звѣзды и, присоединившись къ остальнымъ, вмѣстѣ съ ними совершаютъ свое дальнѣйшее движеніе съ востока на западъ.

При нѣкоторомъ вниманіи легко замѣтить, что пути, описываемые свѣтилми на небесномъ сводѣ, суть окружности круговъ. Если звѣзда находится недалеко отъ Полярной звѣзды, то можно видѣть весь описываемый ею кругъ, такъ какъ такая звѣзда, постоянно находясь надъ горизонтомъ, не восходитъ и не заходитъ (Введ. § 15), а совершаетъ въ теченіе сутокъ свой круговой путь около неподвижной точки, лежащей весьма близко къ Полярной звѣздѣ. Къ такимъ звѣздамъ принадлежатъ, напр., звѣзды Большой Медвѣдцы (§ 4 II).

Чѣмъ больше разстояніе звѣзды отъ упомянутой выше неподвижной точки, тѣмъ больше описываемый ею кругъ. Наконецъ, если это разстояніе для какой-нибудь звѣзды дѣлается больше высоты Полярной звѣзды надъ горизонтомъ, то мы видимъ лишь находящуюся надъ горизонтомъ часть круга, описываемого звѣздой, между тѣмъ какъ другая его часть, находящаяся подъ горизонтомъ, заслонена отъ насъ самою землею.

Мы знаемъ (§ 4 II), что при передвиженіи наблюдателя съ юга на сѣверъ въ сѣверномъ полушаріи высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ постепенно увеличивается; вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаетъ число такихъ звѣздъ, которыя постоянно остаются надъ горизонтомъ. Этимъ наглядно доказывается, что всѣ звѣзды описываютъ на небѣ полные круги, но въ болѣе южныхъ странахъ для большинства звѣздъ видны лишь нѣкоторыя части описываемыхъ ими круговъ, остальные же части ихъ скрыты подъ горизонтомъ. Положимъ, что, двинувшись все дальше на сѣверъ, мы, наконецъ, достигли сѣвернаго полюса (Введ. § 5). Въ этомъ пунктѣ земной поверхности Полярная звѣзда находится весьма близко отъ зенита наблюдателя, и всѣ звѣзды, лежащія на видимомъ полушаріи небесной сферы, описываютъ на небѣ полные круги, параллельные горизонту, причемъ, чѣмъ ближе звѣзда къ горизонту, тѣмъ больше описываемый ею кругъ (рис. 9). Если же наблюдатель, вмѣсто того, чтобы передвигаться къ сѣверу, постоянно переѣзжаетъ въ болѣе южныя страны, то Полярная звѣзда все болѣе и болѣе приближается къ горизонту, въ то-же время на югѣ появляются изъ-подъ горизонта новыя звѣзды, до тѣхъ поръ невидимыя, причемъ плоскости круговъ, описываемыхъ южными звѣздами, составляютъ съ плоскостью горизонта все большіе и большіе углы. Продолжая путешествіе на югъ, мы, наконецъ, достигнемъ экватора. Для всякой точки земнаго экватора Полярная звѣзда находится почти на самомъ горизонтѣ наблюдателя, всѣ круги, описываемые звѣздами, перпендикулярны къ горизонту, а видимыя или лежащія надъ горизонтомъ (Введ. § 15) части ихъ въ точности равны невидимымъ частямъ ихъ, находящимся подъ горизонтомъ; изъ всѣхъ круговъ, описываемыхъ звѣздами, самый большій тотъ, который проходитъ черезъ зенитъ наблюдателя; круги, лежащіе по обѣ стороны отъ зенита,

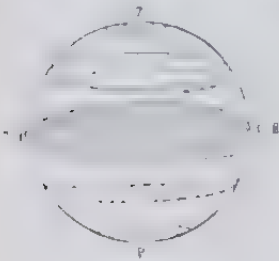
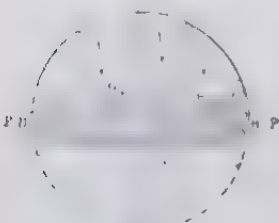


Рис. 9.

тѣмъ меньше, чѣмъ ближе къ горизонту звѣзды ихъ описываютъ; въ двухъ противоположныхъ пунктахъ горизонта круги обращаются въ точки. Эти двѣ точки суть единственныя неподвижныя точки на небесномъ сводѣ; изъ нихъ одна, вблизи которой находится вышеупомянутая Полярная звѣзда, называется сѣвернымъ полюсомъ міра, а другая, ей противоположная южнымъ. Наибольшій изъ всѣхъ параллельныхъ круговъ, проходящихъ въ настоящемъ случаѣ черезъ зенитъ, называется (Введ. § 5) небеснымъ экваторомъ (рис. 10). Плоскости его и земнаго экватора совпадаютъ.

При передвиженіи наблюдателя еще дальше на югъ, въ южное полушаріе, невидимыя въ сѣверномъ полушаріи южный полюсъ поднимается все выше надъ горизонтомъ, и число звѣздъ, описывающихъ на небѣ около южнаго полюса полные круги постепенно увеличивается. Словомъ, всѣ тѣ явления, которыя наблюдались относительно сѣверныхъ звѣздъ при перемѣщеніи къ сѣверу, теперь повторяются въ томъ-же порядкѣ относительно южныхъ звѣздъ. Наконецъ, наблюдатель достигаетъ такой точки, гдѣ южный полюсъ міра находится въ зенитѣ; здѣсь всѣ круги, описываемые звѣздами, опять параллельны горизонту. Эта точка есть ни что иное, какъ южный полюсъ земли. Но звѣзды, которыя наблюдатель видитъ съ южнаго полюса земли, уже не тѣ, которыя укрѣ-



нають небесный сводъ тогда, когда въ зенитъ находится Полярная звезда въ одномъ случаѣ наблюдатель видитъ южное полушаріе неба, а въ другомъ сѣверное.

§ 9. **Возможность объясненія суточного движенія звѣздъ вращеніемъ небесной сферы.** Наблюдаемое суточное движеніе свѣтилъ прежде всего можетъ быть объяснено вращеніемъ всей небесной сферы около неподвижной оси, проходящей черезъ центръ земли. При такомъ объясненіи точно представляются всѣ мельчайшія подробности явленія: къ тому же это объясненіе весьма просто и вполне согласуется съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ. Поэтому понятно, что слова «вращеніе небеснаго свода» издавна вошли во всеобщее употребленіе для обозначенія разсматриваемаго нами явленія.

Но не всегда можно довѣрять первому впечатлѣнію. Мы уже видали, что наши чувства часто насъ обманываютъ, и, слѣдовательно, основывая свои заключенія на непосредственномъ впечатлѣніи, мы можемъ впасть въ крупныя ошибки. Въ первой главѣ мы уже познакомились съ одной изъ таковыхъ: земля на первый взглядъ представляется намъ въ видѣ плоскости, а между тѣмъ, въ действительности, она имѣетъ совершенно другую форму.

Насмотримъ, не допускаетъ ли суточное движеніе небесныхъ свѣтилъ какого-нибудь иного объясненія. Если намъ удастся найти другое объясненіе, другую гипотезу, какъ говоритъ астрономы, то надо будетъ взвѣсить доводы за и противъ того и другого предположенія и затѣмъ уже рѣшить, на сторону котораго лежить истина.

§ 10. **Объясненіе суточного движенія звѣздъ вращеніемъ земли.** До сихъ поръ мы принимали, что небесная сфера совершаетъ оборотъ въ теченіе сутокъ съ востока на западъ около неподвижной, находящейся въ ея центрѣ земли. Сдѣлаемъ обратное предположеніе, что небесная сфера находится въ покоѣ, а земля вращается съ запада на востокъ около оси, проходящей черезъ ея центръ, и въ теченіе сутокъ совершаетъ полный оборотъ. Какъ ни странно, можетъ быть, кажется на первый взглядъ такое предположеніе, все же надо сознаться, что оно объясняетъ явленіе суточного движенія звѣздъ такъ же полно и хорошо, какъ и первое предположеніе.

Намъ кажется, что на восточной сторонѣ неба звѣзды, при восходѣ, поднимаются надъ нашимъ неподвижнымъ горизонтомъ, на западной же онѣ, наоборотъ, при закатѣ, приближаются къ горизонту и, опускаясь все ниже и ниже, наконецъ, исчезаютъ. То же самое явленіе имѣетъ мѣсто при допущеніи, что небесная сфера со всеми находящимися на ней звѣздами неподвижна, а земля вращается около оси въ обратномъ направленіи, т. е. съ запада на востокъ. При такомъ предположеніи наблюдатель самъ движется вмѣстѣ съ землей по направлению къ востоку. Понятно, что въ этомъ вращеніи съ запада на востокъ принимается участие также и горизонтъ, который вѣдь кажется мѣста наблюдения (Введ. § 6). Слѣдовательно, горизонтъ, который по первой гипотезѣ предполагается неподвижнымъ, по второй самъ движется.

Пусть точка  $O$  есть центръ земли  $т т т$ , а  $СВАсва$ —окружающее землю небо (рис. 11). Если небесная сфера вращается около неподвижной земли съ востока на западъ въ направленіи  $САс$ , то наблюдателю  $m$ , остающемуся неподвижнымъ, кажется, что звѣзды, лежащія около  $A$ , восходятъ надъ его неподвижнымъ горизонтомъ  $Aa$ , между тѣмъ какъ звѣзды, находящіяся около  $a$ , заходятъ. Черезъ некоторое время небесная сфера повернется слѣва направо такъ, что точка  $B$  перейдетъ въ  $A$ , а точка  $b$  въ  $a$ . Въ этотъ моментъ для наблюдателя, помѣщающагося въ  $m$ , звѣзды, лежащія около  $B$ , восходятъ, звѣзды же, которыя находятся около  $b$ , и которыя раньше наблюдатель видѣлъ

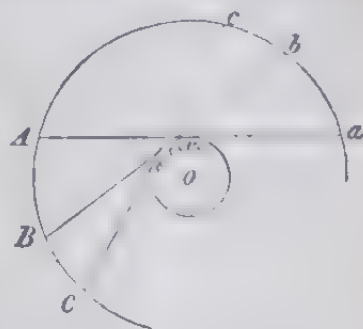


рис. 11.

на значительной высотѣ, заходятъ. Еще черезъ нѣсколько времени, восходить будутъ звѣзды, лежащія около точки  $C'$ , а заходить такія, которыя наблюдатель усматриваетъ около  $s$  и т. д.

Если же мы предположимъ, что земля вращается съ запада на востокъ въ направлеши  $mm'$ , то вмѣстѣ съ ней будутъ вращаться также наблюдатель и его горизонтъ, такъ какъ послѣдніи всегда проходятъ черезъ ту точку, гдѣ находится наблюдатель, и въ этой точкѣ касается поверхности земли.

Горизонтъ наблюдателя, находящагося въ  $m$ , при продолженіи своемъ, встрѣчаетъ небесную сферу, въ точкахъ  $A'$  и  $a$ ; иначе говоря, наблюдателю въ  $m$  звѣзды въ  $A$  кажутся восходящими, а звѣзды въ  $a$  заходящими. Черезъ нѣкоторый промежутокъ времени, вследствие вращенія земли, наблюдатель перемѣстится изъ точки  $m$  въ точку  $m'$ , и горизонтъ его приметъ положеніе  $Bb$ . Такимъ образомъ, восточная часть горизонта деремѣсилась изъ  $A$  въ  $B$ , и звѣзды въ  $A$ , которыя раньше казались наблюдателю восходящими, теперь находятся на значительной высотѣ на восточной части неба, между тѣмъ какъ звѣзды въ  $a$ , которыя раньше казались заходящими, теперь лежатъ уже низко подъ горизонтомъ и потому невидимы; заходящими же теперь кажутся наблюдателю звѣзды въ  $b$ , а восходящими звѣзды въ  $B$ . Еще черезъ нѣсколько времени наблюдатель займетъ положеніе  $m''$ , а его горизонтъ положеніе  $Cc$ ; тогда звѣзды въ  $C'$  для наблюдателя  $m''$  восходятъ, а звѣзды въ  $c$  заходятъ и т. д.

По первой гипотезѣ, небесный сводъ вращается около неподвижнаго горизонта съ востока на западъ, по второй же, мѣняющій свое положеніе горизонтъ движется съ запада на востокъ относительно неподвижной небесной сферы. Въ первомъ случаѣ звѣзды, видимыя на восточной сторонѣ неба, удаляются отъ неподвижнаго горизонта и поднимаются все выше и выше, а на западъ наоборотъ приближаются къ горизонту, во второмъ—восточная часть движущагося горизонта удаляется отъ звѣздъ, которыя поэтому кажутся восходящими, между тѣмъ какъ западная часть горизонта приближается къ звѣздамъ, лежащимъ на западной сторонѣ неба, и для этихъ послѣднихъ наступаетъ время ихъ захода.

Такимъ образомъ, обѣ гипотезы объясняютъ явленіе суточного движенія звѣздъ одинаково хорошо и полно, и пока дѣло идетъ только о представленіи явленія такъ, какъ мы его видимъ, выборъ той или другой гипотезы зависитъ вполне отъ нашего произвола и нѣтъ никакихъ причинъ, которыя могли бы заставить насъ остановиться на одной изъ нихъ предпочтительно передъ другой.

§ 11. Логическія доказательства вращенія земли. I. Скорости вращенія. Небольшого размышленія достаточно, чтобы изъ двухъ вышеприведенныхъ гипотезъ выбрать вторую. По первой гипотезѣ движется небесная сфера, между тѣмъ какъ мы, пребывая въ полвѣшшемъ покоѣ, любуемся этимъ движеніемъ; по второй же небесная сфера предполагается неподвижной, между тѣмъ какъ земля, вмѣстѣ со всеми находящимися на ней предметами, вращается около оси съ огромною скоростью, которая подъ экваторомъ составляетъ 27,5 километровъ въ минуту. Но вѣдь никто изъ насъ никогда не замѣчалъ этого движенія. Кто же, поэтому, пойдетъ толочь за вторую гипотезу? Съ перваго взгляда всякій, конечно, первую гипотезу, во которой земля предполагается неподвижной, признаетъ въ высшей степени вѣроятной и даже единственно вѣрной. Но это только съ перваго взгляда. А такъ какъ мы знаемъ, что первому впечатлѣнію довѣряться нельзя, то и рассмотримъ болѣе подробно обѣ гипотезы.

Какъ бы огромна ни казалась намъ скорость вращенія земли, но въслѣдствіе мы познакомимся съ гораздо большими скоростями, сравнительно съ которыми эта скорость является ничтожной. Даже точки, лежащія на экваторѣ, вращаются со скоростью, которая не на очень большую величину отличается отъ скорости звука, составляющей, по опредѣленію Реньо, 19,8 километровъ въ минуту. А чѣмъ дальше отъ экватора отстоитъ какое-нибудь мѣсто на землѣ, тѣмъ меньше его скорость вращенія, такъ какъ земныя параллели,

въ плоскостяхъ которыхъ происходитъ это движеніе, уменьшаются по мѣрѣ удаленія отъ экватора (Введ. § 14). Такъ, Вѣна, лежащая на параллели, широта которой равна  $48^\circ$  (Введ. § 12), движется со скоростью 18.6 километровъ въ минуту; скорость вращенія для Петербурга, лежащаго подъ широтой  $60^\circ$ , равна только 13.9 километрамъ. Наконецъ, вблизи обоихъ земныхъ полюсовъ это движеніе дѣлается столь медленнымъ, что его можно считать почти за абсолютный покой.

Съ какими невѣроятными, напротивъ того, скоростями придется намъ имѣть дѣло, если мы представимъ себѣ вашу землю неподвижной и мысленно заставимъ небесную сферу вращаться около нея! Такъ, напр., разстояніе отъ земли до луны равно 384 000 километровъ. Следовательно, длина окружности, которую она должна описать около земли въ 24 часа, равна приблизительно 2 400 000 километровъ\*). Такимъ образомъ, въ минуту луна должна пробѣгать 1670 километровъ. Эта скорость въ 60 разъ превосходитъ ту, съ которой должна была бы вращаться точка, лежащая на земномъ экваторѣ. Солнце, отстоящее отъ земли на 150 милліоновъ километровъ, должно пробѣгать въ минуту 654000 километровъ. Эта скорость въ 23000 разъ больше той, изъ-за которой мы съ перваго взгляда хотѣли откинуть предположеніе о вращеніи земли. Но эта невѣроятная скорость еще одна изъ небольшихъ. На небѣ есть тѣла, отстоящая отъ насъ такъ далеко, что даже огромное разстояніе отъ земли до солнца представляется совершенно ничтожнымъ сравнительно съ разстояніемъ до этихъ тѣлъ. Съ какими же ужасающими и неслыханными для уха скоростями должны вращаться около земли эти тѣла! И для чего они должны совершать такое движеніе? Только для того, чтобы не нарушать нашего покоя! Какъ будто все онѣ существуютъ только ради насъ и ради нашего удобства!

II. Величина небесныхъ тѣлъ. Не менѣе неправдоподобнымъ покажется намъ предположеніе о вращеніи небесныхъ тѣлъ около земли, если мы будемъ имѣть въ виду огромныя массы, которыми эти тѣла обладаютъ. Впоследствии мы увидимъ, что изъ нашего солнца, напримѣръ, можно сдѣлать приблизительно 1 300 000 такихъ шаровъ, какъ наша земля. И это-то огромное тѣло должно двигаться около маленькой земли и притомъ съ непонятною для нашего ума скоростью! А вѣдь на небѣ находится безчисленное множество такихъ же и даже болѣе крупныхъ тѣлъ! Неужели же мы должны принять въ высшей степени невѣроятное предположеніе, что все эти огромныя тѣла въ милліоны разъ превосходящія нашу землю, вращаются около нея? Неужели вся небесная сфера съ безконечнымъ числомъ звѣздъ, которыхъ размѣры и разстоянія до земли неслыханны для нашего ума, должна вращаться около маленькаго шара, около нашей земли, которая въ сравненіи съ безпредѣльнымъ мировымъ пространствомъ представляется ничтожной точкой? И все это только потому, что эта точка—наше жилище!

III. Вращеніе другихъ небесныхъ тѣлъ. Станемъ также, какъ и при изслѣдованіи вида земли, разсматривать землю не только какъ наше жилище, но какъ одно изъ тѣлъ, въ огромномъ числѣ украшающихъ наше ночное небо. Намъ извѣстно нѣсколько небесныхъ тѣлъ, которыя, какъ это слѣдуетъ изъ наблюдений при помощи зрительной трубы, вращаются съ запада на востокъ. Луна совершаетъ оборотъ около своей оси въ 27  $\frac{1}{4}$  сутокъ, солнце приблизительно въ 25 сутокъ, Марсъ въ 24 часа, наконецъ Юпитеръ, величайшая изъ всѣхъ планетъ нашей солнечной системы, въ 9—10 часовъ. Если мы наблюдаемъ вращеніе у всѣхъ этихъ небесныхъ тѣлъ, то почему же не допустить, что и земля вращается около себя?

IV. Невозможность допустить равномерное движеніе всѣхъ небесныхъ тѣлъ около земли. Если мы допустимъ, что наша земля неподвижна, то всѣ небесныя тѣла должны, очевидно, двигаться около нея совершенно равномерно; всѣ тѣла, большія и и

\*) Если  $r$  есть радиусъ окружности, то длина ея равна  $2\pi r$ , гдѣ  $\pi = 3,1416$ .

огромныя, близкія и отдаленныя, должны совершать полный оборотъ около земли въ одно и то-же время, въ 24 часа. Если земля неподвижна, а всё свѣтла движутся около нея, то она, очевидно, обладаетъ какой-то волшебной и неостижимой для насъ силой, которая и является причиной всѣхъ этихъ движеній. Но, по законамъ механики, всякая сила должна дѣйствовать на ближайшія тѣла иначе, чѣмъ на отдаленныя. Мы же видимъ какъ разъ обратное: эта сила на близкую къ намъ звезду дѣйствуетъ совершенно такъ-же, какъ и на безконечно удаленныя звѣзды. Всѣ безъ исключенія тѣла мірового пространства, по этой гипотезѣ, должны приводиться въ движеніе этою силою съ такою правильностью, что ни одно изъ нихъ ни на одну секунду не отстаетъ отъ другихъ и не опережаетъ ихъ. Какъ будто все назначеніе этихъ тѣлъ состоитъ только въ томъ, чтобы мы могли по ихъ движенію поворачивать свои часы! Какъ будто только для того они совершаютъ свое суточное движеніе на небесной сферѣ, чтобы дать намъ возможность полюбоваться этою красивою картиною!

V. Отсутствие центра движенія. Приписывая землѣ такую силу, гдѣ мы должны искать ея мѣстопробываніе? Очевидно, въ самой землѣ и именно въ ея центрѣ. Но суточное вращеніе небеснаго свода происходитъ собственно не около центра земли, а около оси міра; звѣзды движутся въ плоскостяхъ параллельныхъ круговъ, всѣ центры которыхъ находятся на этой оси (Введ. § 14). Поэтому, если предположить, что какая-то сила заставляетъ каждую звезду двигаться по соответствующему параллельному кругу, то мѣстопробываніемъ этой силы долженъ служить центръ круга. Но такъ какъ лишь небольшая часть оси вращенія лежитъ внутри самой земли, остальные же части ея простираются по обѣ стороны отъ земли далеко въ безконечное небесное пространство, то для большей части звѣздъ центры круговъ находятся вѣв земли, на огромныхъ разстояніяхъ отъ нея, въ сравненіи съ которыми сама земля можетъ быть размагниваема какъ точка. Кромѣ того, чѣмъ ближе звезда къ тому или другому полюсу, тѣмъ медленнѣе она движется. Слѣдовательно, мы для каждой звѣзды должны допустить существованіе особой силы: мѣстопробываніемъ большинства этихъ силъ служить воображаемая, ничѣмъ не занятая точка мірового пространства. Вотъ какія несообразности влечетъ за собою предположеніе о неподвижности земли. Если же мы допустимъ, что земля вмѣстѣ со всѣми находящимися на ней предметами, вмѣстѣ съ наблюдателями, свѣтлыми за движеніемъ небесныхъ свѣтилъ, вращается около оси, то всѣ вышеприведенныя несообразности тотчасъ-же отпадаютъ, и причина на первый взглядъ загадочнаго явленія дѣлается ясной и понятной. Правда, для объясненія суточного движенія свѣтилъ небесныхъ можно еще прибѣгнуть къ кристальной сферѣ древнихъ и предположить, вмѣстѣ съ ними, что всѣ звѣзды прикрѣплены къ твердому шарообразному куполу, какъ блестящіе брилліанты къ темному бархату. Но такое предположеніе находится въ прямомъ противорѣчьи со всѣми нашими наблюденіями надъ разстояніями небесныхъ тѣлъ отъ земли и, кромѣ того, несогласно съ наблюдаемыми собственными движеніями свѣтилъ. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ необходимости принять предположеніе, что земля вращается около оси.

§ 12. **Возраженія противъ гипотезы о вращеніи земли.** Въ предыдущемъ параграфѣ мы собственно доказывали, что предположеніе о неподвижности земли весьма невѣроятно или даже совсѣмъ недопустимо. Это такъ называемыя отрицательныя доказательства вращенія земли около оси, но существуютъ не мало и положительныхъ доказательствъ этого вращенія. Прежде чѣмъ, однако, перейти къ нимъ, мы постараемся опровергнуть важнѣйшія возраженія, которыя обыкновенно приводятся противъ предположенія о вращеніи земли. Скептики задаютъ вопросъ: «Очичо мы не чувствуемъ движенія земли?» Но мы въ свою очередь спросимъ: «Что собственно мы должны чувствовать?». При вращеніи земли не можетъ быть никакого сотрясенія, такъ какъ это вращеніе совершается постоянно съ одною и тою-же скоростью и безъ всякихъ толчковъ. Не чувствуемъ же мы движенія корабля, скользящаго по гладкой зеркальной поверхности моря, а между тѣмъ мы вполнѣ увѣрены въ этомъ движеніи, такъ

как береговые предметы, которые стоят неподвижно на своих мѣстахъ, кажутся намъ быстро пробѣгающими мимо насъ. Но движеніе корабля далеко не такое равномерное, какъ движеніе земли, такъ какъ вѣтеръ и волны нерѣдко заставляютъ корабль пережѣщаться то въ ту, то въ другую сторону, и, кромѣ того, корабль не движется постоянно по одному и тому-же направленію, а время отъ времени мѣняетъ свой курсъ. Впрочемъ, движеніе корабля, скользящаго по спокойной водной поверхности, даетъ довольно вѣрную картину нашего движенія на вращающейся землѣ, на этомъ мировомъ кораблѣ. Хотя мы и не чувствуемъ непосредственно нашего движенія, но мы можемъ очень хорошо замѣтить его по быстрому пробѣганію мимо насъ блестящихъ небесныхъ свѣтилъ — этихъ неподвижныхъ острововъ, которые всюду разбѣяны на поверхности неизмѣримаго небеснаго океана. Видъ нашего корабля все намъ кажется въ движеніи, хотя, въ дѣйствительности, все находится въ покой; на самомъ же кораблѣ, на которомъ все движется вмѣстѣ съ нимъ, мы не можемъ замѣтить этого движенія; даже окружающій нашу землю воздухъ, которымъ мы дышемъ, вращается вмѣстѣ съ землей съ тѣмъ-же самоею скоростью и въ томъ-же самомъ направленіи.

Возражая противъ гипотезы о вращеніи земли, иногда также говорятъ, что, если бы земля въ теченіе сутокъ совершала полный оборотъ около оси, то, по крайней мѣрѣ, жители странъ, лежащихъ не далеко отъ экватора, должны были бы черезъ 12 часовъ отъ определеннаго момента перевернуться ногами вверхъ, а головой внизъ. Однако этого никогда не бываетъ.

Благодаря кругосвѣтнымъ путешествіямъ мы знаемъ, что страны, прямо противоположныя тѣмъ, въ которыхъ мы живемъ, также заселены людьми, и что эти люди, какъ называемые наши антиподы, подобно намъ, ходятъ на ногахъ, а не на головѣ. Такъ, жители острова Суматры въ Остѣ-Индіи сугъ антиподы жителей города Квито въ Южной Америкѣ. Прямая линія, проходящая черезъ оба эти мѣста, проходитъ также и черезъ центръ земли; иначе говоря, если бы земля дѣлалась все меньше и меньше, то въ концѣ концовъ жители этихъ двухъ мѣстъ коснулись бы другъ друга своими подошвами. Следовательно, жители Суматры стоятъ вверхъ ногами относительно жителей Квито и наоборотъ; но тѣмъ не менѣе и тѣ и другіе ходятъ по землѣ ногами. Такимъ образомъ мы должны прежде всего дать себѣ ясный отчетъ, что мы разумѣемъ подъ словами «стоятъ вверхъ головой». Стоять вверхъ головой это значить держать голову по направленію къ небу. Верхъ это все то, что находится далеко отъ земли; низъ — все, что близко къ землѣ. Совершенно также понимаютъ эти слова наши антиподы. И у нихъ голова находится выше ногъ, и у нихъ дождь падаетъ по направленію отъ  $d$  къ  $D$  (рис. 8, стр. 20), т. е. съ неба на землю, подобно тому какъ у насъ онъ падаетъ по направленію отъ  $a$  къ  $B$ . Оба эти направленія  $dD$  и  $aB$ , хотя они на самомъ дѣлѣ прямо противоположны, представляются одинаковыми мѣстнымъ жителямъ, которые все относятъ къ центру земли: дождь, подобно всякому другому тѣлу, падаетъ всегда въ одномъ и томъ же направленіи для всѣхъ жителей земли, именно въ направленіи къ ея центру, къ которому притягиваются всѣ тѣла.

Но здѣсь опять является вопросъ: «Если всѣ тѣла притягиваются къ центру земли, то отчего же не падаютъ на землю солнце, луна и звѣзды?» Никакое тѣло въ природѣ не мѣняетъ своего положенія безъ дѣйствія посторонней силы. Если камень удерживается на поверхности земли, то это происходитъ оттого, что онъ притягивается силой земли, такъ называемой силой тяжести. Звѣзды же землей не притягиваются, такъ какъ земля слишкомъ мала и въ то-же время слишкомъ далеко отстоитъ отъ звѣздъ, чтобы могла оказывать на нихъ свое дѣйствіе.

Что же касается луны, то она, безъ сомнѣнія, упала бы на землю, если бы этому не препятствовала центробѣжная сила (см. ниже, § 13, III), которая и удерживаетъ ее на пути, описываемомъ ею около земли. Относительно же солнца мы скоро узнаемъ, что не



оно движется около земли, а земля около солнца, и потому мы скорѣе должны были бы спросить, почему земля не падаетъ на солнце, а не наоборотъ.

§ 13. **Физическія доказательства вращенія земли.** 1. Паденіе тѣлъ съ большой высоты. Вообще известно, что всѣ тѣла, не поддерживаемыя подставкой, падаютъ по направленію отвѣсной линіи (Введ. § 6), т. е. по направленію къ центру земли. На это обстоятельство долгое время смотрѣли, какъ на прямое доказательство неподвижности земли. Люди, стоявшія за неподвижность земли, полагали, что камень, брошенный внизъ съ вершины башни, въ случаѣ вращенія земли съ запада на востокъ, долженъ упасть на землю не у основанія башни, а нѣсколько къ западу отъ него, такъ какъ, во время паденія камня, земля вмѣстѣ съ башней перемѣщается къ востоку. Ежедневныя наблюденія надъ падающими тѣлами ничего подобнаго не показываютъ и потому опровергаютъ, какъ кажется на первый взглядъ, предположеніе о вращеніи земли. Мы сейчасъ увидимъ, что только что приведенныя разсужденія неправильны, но тѣмъ не менѣе даже такіе люди, какъ Гихе, были увлечены этимъ мнимымъ доказательствомъ неподвижности земли.

Ньютономъ первый составилъ себѣ правильное понятіе о паденіи тѣлъ, брошенныхъ по вертикальному направленію; но и этотъ гениальнѣйшій мыслитель, по крайней мѣрѣ вначалѣ, упустилъ изъ виду нѣкоторыя мелкія подробности. 28 ноября 1679 г. онъ письменно сообщилъ Королевскому Обществу въ Лондонѣ, что вращеніе земли около оси можетъ быть доказано непосредственными наблюденіями надъ паденіемъ небольшого плотнаго тѣла съ значительной высоты, напр., съ вершины башни. Если земля неподвижна, то тѣло должно упасть на землю по направленію отвѣсной линіи. Если же земля вращается съ запада на востокъ, то падающее тѣло отклонится отъ отвѣсной линіи къ востоку, а не къ западу, какъ думали раньше. Въ самомъ дѣлѣ, во вращательномъ движеніи земли должны принимать участіе всѣ находящіеся на ней тѣла, окружающій ее воздухъ, а также камень, который мы бросаемъ съ вершины башни. Поэтому камень во время своего паденія движется вмѣстѣ съ башней съ запада на востокъ съ такою-же скоростью, съ какою совершаетъ свое движеніе вершина башни  $A$  (рис. 12). Но вершина башни, отстоящая отъ центра земли такъ же, чѣмъ основаніе, движется быстрѣе этого послѣдняго: въ то время какъ основаніе описываетъ около центра земли дугу  $BB'$ , вершина башни перемѣщается на большую дугу  $AA'$ . Поэтому камень, участвующій во время своего паденія въ болѣе быстромъ вращеніи вершины башни, достигаетъ земли въ точкѣ  $D$ , лежащей нѣсколько къ востоку отъ основанія башни  $B'$ .



Рис. 12.

Королевское Общество тотчасъ же признало всю важность идеи, изложенной Ньютономъ въ его письменномъ докладѣ и поручило своему секретарю Гуку, выдающемуся математику и превосходному наблюдателю, произвести соответственные опыты. Отъ вниманія этого ученаго не ускользнуло, что Ньютономъ даль не совсемъ полное объясненіе явленія: въ случаѣ вращенія земли, камень долженъ отклониться не только къ востоку отъ основанія башни, но, въ нашихъ сѣверныхъ широтахъ, на весьма небольшую величину также и къ югу.

Произведенные Гукомъ опыты, однако, не привели ни къ какимъ результатамъ, такъ какъ онъ наблюдалъ паденія тѣлъ съ незначительныхъ высотъ. Въ 1791 году подобные опыты повторилъ Гульельмини (Giulielmini) въ Болоньѣ. Онъ бросалъ тѣла съ башни Азинелли, высота которой равнялась 78 метрамъ; его опыты также не удалась, такъ какъ сквозной вѣтеръ въ башнѣ оказывалъ большое вліяніе на паденіе тѣла. Новыя наблюденія надъ паденіемъ тѣлъ съ высоты были произведены Бенценбергомъ въ 1802 году въ Гамбургѣ, а въ 1803 и 1804 годахъ въ угольной шахтѣ въ Шлебушѣ. Въ этомъ послѣднемъ мѣстѣ, при паденіи тѣла съ высоты 85 метровъ, оно откло-

вилось къ востоку отъ отвѣсной линіи на 11.4 миллиметровъ, тогда какъ по теоріи это отклоненіе должно составлять 10.5 миллиметровъ. Такимъ образомъ, согласіе получилось вполне удовлетворительное. Отклоненіе къ югу для этого случая, какъ показываетъ теорія, составляетъ всего 0,001 миллиметра, т. е. представляетъ собою совершенно незамѣтную величину. Еще болѣе точные опыты были произведены Рейхомъ въ 1832 году въ шахтѣ Трехъ Братьевъ, около Фрейбурга. При паденіи съ высоты 158.5 метровъ тѣло отклонилось къ востоку на 28.4 миллиметровъ; по теоріи же оно должно было отклониться на 27.5 миллиметровъ. Чѣмъ больше высота, съ которой падаетъ тѣло, тѣмъ болѣе должно быть его отклоненіе отъ отвѣсной линіи. Напр., при паденіи съ высоты 3000 метровъ въ среднихъ широтахъ восточное отклоненіе должно составлять уже 2.6 метра, между тѣмъ какъ къ югу и въ этомъ случаѣ тѣло отклонилось бы на весьма небольшую величину, едва достигающую 2 миллиметровъ.

II. Пассаты. Наши моряки очень хорошо знаютъ, что въ обоихъ полушаріяхъ земного шара, приблизительно въ 20° отъ экватора, дуютъ постоянные вѣтры: въ сѣверномъ сѣверо-восточный, а въ южномъ юго-восточный. Эти вѣтры называются тропическими или пассатами. Ими обыкновенно пользуются парусныя суда, совершая переѣздъ изъ Европы въ Америку. Происхожденіе этихъ постоянныхъ восточныхъ вѣтровъ объясняется разницею температуръ экваторіальныхъ и умѣренныхъ странъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и вращеніемъ земли около оси. Въ странахъ, лежащихъ между экваторомъ и обоими тропиками (Введ., § 14), солнце, какъ мы увидимъ впоследствии, дважды въ годъ проходитъ черезъ зенитъ наблюдателя. Эти страны—самыя теплыя на земномъ шарѣ, и потому поясъ земли между обоими тропиками называется жаркимъ поясомъ. Въ жаркихъ странахъ обоихъ полушарій воздухъ, прилегающій къ землѣ, влѣдствіе высокой температуры, нагрѣвается, расширяется, приподнимается до вѣковой высоты и поверху направляется къ полюсамъ. Такимъ образомъ, въ обоихъ полушаріяхъ въ верхнихъ слояхъ атмосферы получаются постоянныя теченія воздуха отъ экватора къ полюсамъ. Такъ какъ теплый воздухъ жаркихъ странъ поднимается вверхъ, то внизу около земли образуется разрѣженное пространство, въ которое и устремляется болѣе холодный и болѣе плотный воздухъ странъ, лежащихъ по другую сторону обоихъ тропиковъ, отчего въ нижнихъ слояхъ атмосферы являюся постоянныя теченія холоднаго воздуха отъ полюсовъ къ экватору. Но вся атмосфера вращается вмѣстѣ съ землей съ запада на востокъ, причемъ частицы воздуха въ высшихъ широтахъ вращаются медленнѣе, чѣмъ въ экваторіальныхъ: поэтому гдѣ частицы, которыя перемѣщаются отъ полюсовъ къ экватору, сохранивъ первоначальную скорость вращенія, отстаютъ во вращательномъ движеніи и, слѣдовательно, уклоняются къ западу отъ тѣхъ точекъ земного шара, которыхъ онѣ достигли бы, если бы земля была неподвижна. Жителямъ земли кажется, что частицы воздуха движутся съ сѣверо-востока на юго-западъ въ сѣверномъ полушаріи и съ юго-востока на сѣверо-западъ—въ южномъ. Такъ объясняются СВ и ЮВ пассаты. Въ верхнихъ слояхъ атмосферы частицы воздуха, перемѣщающіяся отъ экватора къ полюсамъ, движутся, влѣдствіе вращенія земли, съ болѣею скоростью, чѣмъ тѣ точки земного шара, которыхъ онѣ достигли бы въ случаѣ неподвижности земли; частицы воздуха опережаютъ эти точки, уклоняются отъ нихъ къ востоку, влѣдствіе чего въ верхнихъ слояхъ атмосферы въ жаркомъ поясѣ дуетъ въ сѣверномъ полушаріи юго-западный вѣтеръ, а въ южномъ сѣверо-западный.

Плотность окружающей нашу землю атмосферы весьма незначительна; масса земли болѣе, чѣмъ въ 100 милліоновъ разъ превосходитъ массу всей атмосферы. Тѣмъ не менѣе внезапное перемѣщеніе огромнаго количества воздуха, напр., нѣсколькихъ кубическихъ километровъ, изъ болѣе холодныхъ странъ въ экваторіальныя могло бы произвести ужасную бурю влѣдствіе того, что скорости вращенія различныхъ точекъ земного шара весьма различны. Но, въ дѣйствительности, это перемѣщеніе происходитъ медленно и постепенно.

Частицы воздуха, прилегающія непосредственно къ землѣ, вслѣдствіе тренія о ея поверхность, мало-по-малу приобретаютъ ту скорость, съ которою вращаются соответственныя точки земного шара. Поэтому, медленно двигающіяся съ запада на востокъ частицы воздуха болѣе холодныхъ сѣврь, достигая тропиковъ и постепенно приближаясь къ экватору, мало-по-малу приобретаютъ все большую и большую вращательную скорость, пока, наконецъ, эта послѣдняя не сравняется со скоростью вращенія соответственныхъ точекъ земного шара. Но такъ какъ частицы воздуха, далеко не достигнувъ экватора, уже начинаютъ вращаться съ запада на востокъ съ такою же скоростью, какъ соответственныя точки земного шара, то постоянные восточные вѣтры должны дуть только на границахъ жаркаго пояса, около тропиковъ, но не подъ экваторомъ, что въ дѣйствительности и наблюдается. Такъ какъ другое объясненіе пассатамъ, кромѣ вышеприведеннаго, дать нельзя, то это явленіе и служитъ однимъ изъ доказательствъ вращенія земли. Замѣтимъ, что направленіе весьма важно для Европы морского течения гольфстрима объясняется также вращеніемъ земли около оси.

III. Сжатіе земли, центробѣжная сила. Внимательно разсматривая планету Юпитеръ въ сильную зрительную трубу, мы, кромѣ вышеупомянутаго (§ 11 III) вращенія его около оси, замѣчаемъ еще другое весьма интересное явленіе. Юпитеръ не представляется намъ вполне круглымъ, онъ сильно сжатъ у полюсовъ. Наша земля также сжата у полюсовъ, но далеко не такъ значительно, какъ Юпитеръ. Сжатіе земли опредѣлено на основаніи вышеприведенныхъ (§ 7) градусныхъ измѣреній. Послѣднія показали, что земля не шаръ, хотя и мало отличается отъ него.

\* Чтобы дать понятіе объ истинной фигурѣ земли, необходимо ясно представить себѣ, что называется эллипсоидомъ. Возьмемъ нить и укрѣпимъ ее, напримѣръ булавками, въ двухъ точкахъ  $F'$  и  $S$ , такъ, чтобы она не была натянута (рис. 13); затѣмъ натя-

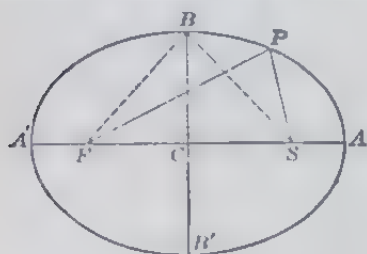


Рис. 13.

немъ нить карандашомъ и, заставляя карандашъ постоянно скользить по нити, вычертимъ кривую линію. Начерченная такимъ образомъ кривая линія ограничиваетъ фигуру, называемую эллипсоидомъ. Точки  $F'$  и  $S$  называются фокусами эллипса, а линія  $AA'$ , проходящая черезъ оба фокуса, большою осью эллипса. Длина большой оси, очевидно, равна длинѣ нити между закрѣпленными точками ея. Если раздѣлимъ большую ось пополамъ, то получимъ точку  $C$ , называемую центромъ эллипса. Линія  $BB'$ ,

проходящая черезъ центръ и перпендикулярная къ большой оси, носитъ названіе малой оси эллипса. Чѣмъ меньше малая ось отличается отъ большой, тѣмъ болѣе эллипсъ приближается къ кругу. \*

Если мы будемъ вращать эллипсъ, мало отличающійся отъ круга, около его малой оси, то получимъ тѣло, называемое эллипсоидомъ вращенія около малой оси или сфероидомъ. Такую форму имѣетъ и наша земля. По вычислениямъ Бесселя малая полуось эллипса черезъ вращеніе которой получается фигура земного сфероида, иначе говоря, расстояние отъ центра земли до каждаго изъ ея полюсовъ составляетъ 6 356 км., осьмью же полуосей или радиусомъ экватора, имѣющаго форму круга, равенъ 6 377 км. Разность этихъ полуосей, равная 21 км., даетъ понятіе о сплюснутости земли при полюсахъ.

Не предположили ли сжатіе Юпитера, а равно также и наблюдаемое сжатіе Сатурна вѣдуть отъ вращенія этихъ планетъ около ихъ осей? Если это такъ, то сжатіе земли дадо бы намъ возможность заключить о вращеніи около оси и этого тѣла.

Мы считаемъ лѣтнимъ, что сжатіе тѣла дѣйствительно является слѣдствіемъ ихъ вращенія. Если какой-нибудь тѣло будетъ двигаться по окружности круга, то всѣ частицы

этого тѣла испытываютъ стремленіе удалиться отъ центра круга. Это стремленіе и называется центробѣжной силой. Если мы быстро вращаемъ нить, на концѣ которой прикрѣпленъ, напр., желѣзный шаръ, то, вслѣдствіе центробѣжной силы, нить натягивается и въ концѣ концовъ даже можетъ разорваться. Если мы станемъ быстро вращать около вертикальной оси ведро, наполненное наполовину или нѣсколько болѣе водою, то вслѣдствіе центробѣжной силы вода сначала поднимается вдоль стѣнокъ ведра, а въ концѣ концовъ можетъ и перелиться черезъ край. Предметы, лежащіе на круглой деревянной доскѣ, по той же причинѣ улегаются въ стороны при вращеніи доски около оси, проходящей черезъ ее центр. Наконецъ, центробѣжная сила удерживаетъ планеты и луну отъ паденія на ихъ центральныя тѣла и заставляетъ ихъ описывать замкнутыя кривыя около этихъ тѣлъ (§ 12).

Представимъ себѣ, что нѣсколько гибкихъ металлическихъ колецъ, имѣющихъ круглую форму, надѣты на вертикальный желѣзный стержень, такъ что этотъ послѣдній проходитъ черезъ общій центръ всѣхъ колецъ (рис. 14), и положимъ, что въ нижнихъ частяхъ своихъ кольца прикрѣплены къ стержню, а въ верхнихъ могутъ свободно скользить вдоль него. Приведемъ стержень, а вмѣстѣ съ нимъ и всѣ кольца въ быстрое вращательное движеніе. Всѣ кольца примутъ овальную, эллиптическую форму. Это явленіе объясняется опять таки дѣйствіемъ центробѣжной силы. Тѣ точки колецъ, которыя дальше всѣхъ другихъ отстоятъ отъ стержня, вращаются съ наибольшими скоростями и потому испытываютъ наибольшее стремленіе удалиться отъ центра. Чѣмъ меньше разстояніе вращающейся точки отъ стержня, тѣмъ медленнѣе она движется, и тѣмъ меньше центробѣжная сила. Полюсы колецъ, т. е. точки, черезъ которыя проходитъ вертикальный стержень, вовсе не вращаются, и потому на нихъ центробѣжная сила не дѣйствуетъ. Точно также шаръ изъ сырой глины на гончарномъ станкѣ, приведенномъ въ быстрое вращеніе, принимаетъ форму апельсина, или, точнѣе, форму сжатого эллипсоида вращенія, форму сфероида. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что чѣмъ быстрѣе вращеніе, тѣмъ болѣе сжатіе сфероида. Точно также и наша земля должна была принять форму сфероида, если только она дѣйствительно вращается около оси и если она въ началѣ была въ жидкомъ или, по крайней мѣрѣ, въ достаточно размяченномъ состояніи, чтобы поддаваться дѣйствію центробѣжной силы. Такимъ образомъ, сжатіе земли не только служитъ прямымъ доказательствомъ вращенія ея, но также показываетъ намъ, что земля первоначально находилась въ жидкомъ состояніи и отвердѣла лишь съ теченіемъ времени.

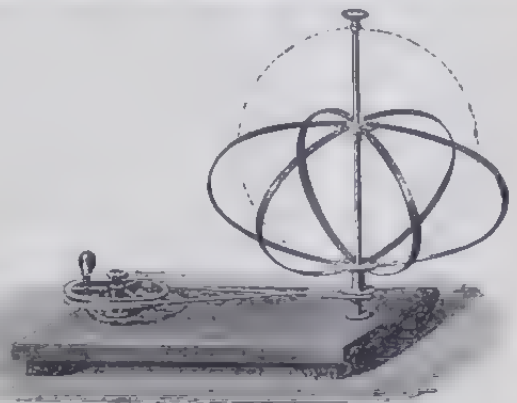


Рис. 14.

Совершенно также объясняется сжатіе другихъ планетъ. Значительнымъ сжатіемъ обладаютъ только Юпитеръ и Сатурнъ, что вполне понятно, такъ какъ эти планеты вращаются около оси быстрѣе, чѣмъ земля. Вращеніе Меркурія, Венеры и Марса происходитъ медленно, и потому неудивительно, что у этихъ планетъ мы не замѣчаемъ никакого сжатія. Сжатіе земли, равное, какъ мы видѣли, 21 километру, составляетъ всего только  $\frac{1}{290}$  часть земнаго радіуса. Это такая малая величина, которую мы не могли бы замѣтить на самыхъ большихъ нашихъ глобусахъ.

§ 14. Сила тяжести, масса и плотность тѣлъ. Мы знаемъ, что тѣла, ничѣмъ не поддерживаемыя, падаютъ по направленію отвѣсной линіи. Причину этого явленія мы называемъ силой тяжести, иначе силой притяженія земли, и полагаемъ, что мѣсто-

пробываемъ этой силой служить центръ земли. Все тѣла притягиваются къ центру земного шара. Сообразно съ этимъ, направленія силы тяжести въ различныхъ точкахъ земной поверхности, т. е. отвѣсныя линіи въ этихъ точкахъ, сходятся въ центръ земного шара. Всякое тѣло состоитъ изъ мельчайшихъ частицъ, совокупность которыхъ есть такъ называемая масса его. Сила тяжести дѣйствуетъ на каждую частицу, такъ что дѣйствие силы тяжести на это тѣло или такъ называемый вѣсъ тѣла пропорционаленъ суммѣ вѣсвъ его частицъ, т. е. его массѣ. Если черезъ  $g$  обозначимъ напряженіе силы тяжести, т. е. дѣйствие этой силы на единицу массы, то между массой  $M$  какого-нибудь тѣла и его вѣсомъ  $P$  должно существовать слѣдующее соотношеніе:

$$P = gM.$$

Масса тѣла увеличивается съ уменьшеніемъ промежутковъ между входящими въ его составъ частицами, т. е. съ увеличеніемъ его плотности. Съ другой стороны, масса тѣла увеличивается съ увеличеніемъ пространства, занимаемого тѣломъ, т. е. съ увеличеніемъ его объема  $V$ . Подразумывая подъ плотностью тѣла  $D$  массу заключенную въ единицу объема, мы получаемъ еще другое соотношеніе:

$$M = DV.$$

При помощи этихъ соотношеній рѣшаются различныя задачи, относящіяся къ вѣсу, массѣ и плотности тѣлъ.

Сила тяжести представляетъ собою лишь одно изъ проявленій открытаго Ньютономъ закона всемірнаго тяготѣнія. По этому закону каждая два тѣла взаимно притягиваются, съ силою прямо пропорціональною произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональною квадрату разстоянія между ихъ центрами тяжести. Центръ тяжести шара совпадаетъ съ его центромъ.

§ 15. **Различныя величины силы тяжести на поверхности земли.** На экваторѣ направленіе силы тяжести прямо противоположно направленію центробѣжной силы, такъ какъ обѣ эти силы лежатъ въ плоскости экватора, и одна изъ нихъ дѣйствуетъ по направленію земного радіуса, а другая — по обратному направленію. Сила тяжести притягиваетъ тѣла къ центру земли, центробѣжная же сила стремится удалить ихъ отъ центра. Поэтому центробѣжная сила уменьшаетъ силу тяжести, и напряженіе этой послѣдней, въ случаѣ неподвижности земли, было бы больше, чѣмъ то, которое наблюдается теперь.

Если извѣстны радіусъ круга, по которому движется точка, и время обращенія, т. е. время, въ которое точка описываетъ полный кругъ, то, по основнымъ правиламъ механики, мы можемъ безъ труда вычислить величину центробѣжной силы, дѣйствующей на эту точку. Центробѣжная сила равна числу 39,4784, умноженному на радіусъ круга и разделенному на квадратъ времени обращенія \*). Радіусъ земного экватора, по вычисленіямъ Бесселя, равенъ 6377,4 килом., а время обращенія любой точки, лежащей на экваторѣ, равно 24 часамъ или 86400 секундамъ звѣзднаго времени (Введ. § 23). Отсюда для величины центробѣжной силы получаемъ 0,0338 метра. Наблюденія показываютъ, что на экваторѣ напряженіе силы тяжести составляетъ 9,7807 метра. Слѣдовательно, если бы земля не вращалась около оси, то это напряженіе было бы на 0,0338 метра больше и составляло бы 9,8145 метра.

Центробѣжная сила равняется только  $\frac{1}{289}$ -ой части силы тяжести. Такая небольшая величина ея обусловливается сравнительно медленнымъ вращеніемъ земли. Если бы скорость вращенія земли была больше, другими словами, -если бы продолжительность

\*) Обозначимъ черезъ  $r$  — отношеніе окружности къ диаметру, черезъ  $t$  время полного оборота, черезъ  $r$  радіусъ круга, и получаемъ величину центробѣжной силы  $f = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$ . А такъ какъ  $\pi = 3,1415926$ , то  $f = 39,4784 \frac{r}{t^2}$ .

наших сутокъ была меньше, то центробѣжная сила должна была бы увеличиться, и, въ концѣ концовъ, она могла бы сдѣлаться равной силѣ тяжести. Равенство этихъ двухъ силъ имѣло бы мѣсто въ томъ случаѣ, если бы нашъ день былъ въ 17 разъ короче и равнялся не 24 часамъ, а только 1,4 часу. При такомъ условіи на экваторѣ всякое тѣло, выпущенное изъ рукъ, не падало бы на землю, а свободно влетѣло бы надъ землею, не нуждаясь въ поддержкѣ. При еще болѣе быстромъ вращеніи земли центробѣжная сила была бы больше силы тяжести, и тогда на экваторѣ тѣла, не прикрѣпленныя къ поверхности земли, улетали бы въ пространство.

Центробѣжная сила различна для различныхъ широтъ, она уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ экватора въ обѣ стороны, такъ какъ земныя параллели съ приближеніемъ къ обоямъ полюсамъ дѣлаются все меньше и меньше, а влѣдствіе этого уменьшается скорость вращательнаго движенія точекъ, лежащихъ на параллеляхъ. Кроме того, на экваторѣ направленіе центробѣжной силы прямо противоположно направленію силы тяжести, въ остальныхъ же точкахъ земной поверхности направленія обѣихъ силъ составляютъ тѣмъ болѣе большой уголъ, чѣмъ ближе къ полюсамъ лежатъ эти точки. Въ самомъ дѣлѣ, сила тяжести всегда дѣйствуетъ по направленію къ центру земнаго шара, между тѣмъ какъ центробѣжная сила лежитъ въ плоскости соответственнаго параллельнаго круга, которая черезъ центръ земли не проходитъ.

Поэтому на любой параллели, лежащей между экваторомъ и полюсомъ, сила тяжести, влѣдствіе вращенія земли, уменьшается лишь на нѣкоторую часть центробѣжной силы и безъ того уже менѣе значительной, чѣмъ на экваторѣ. Изъ предыдущаго ясно, что напряженіе силы тяжести, при вращеніи земли около оси, должно увеличиваться по мѣрѣ приближенія отъ экватора къ полюсамъ.

Но сила тяжести на полюсахъ должна быть больше, чѣмъ на экваторѣ, еще и по другой причинѣ. Мы уже знаемъ, что сила тяжести дѣйствуетъ по направленію къ центру земли и что она увеличивается съ уменьшеніемъ разстоянія до центра. Такъ какъ земля есть тѣло, сжатое при полюсахъ (§ 13 III), то, при передвиженіи отъ экватора къ полюсамъ, мы, вмѣстѣ съ тѣмъ, приближаемся и къ центру земли. На этомъ основаніи, по мѣрѣ удаленія отъ экватора къ полюсамъ, должно увеличиваться напряженіе силы тяжести. Въ нижеслѣдующей табличкѣ для различныхъ широтъ даны: въ столбцѣ I—увеличеніе напряженія силы тяжести сравнительно съ наблюдаемымъ на экваторѣ влѣдствіе уменьшенія центробѣжной силы, въ столбцѣ II—увеличеніе напряженія силы тяжести влѣдствіе сжатія земли и, наконецъ, въ послѣднемъ—дѣйствительное напряженіе силы тяжести.

Широта.	I.	II.	Дѣйстви. напряж.	Широта.	I.	II.	Дѣйстви. напряж.
0°	0,0000 м.	0,0000 м.	9,7807 м.	60°	0,0254 м.	0,0128 м.	9,8189 м.
15°	0,0022 »	0,0011 »	9,7840 »	75°	0,0315 »	0,0160 »	9,8282 »
30°	0,0085 »	0,0043 »	9,7935 »	90°	0,0338 »	0,0171 »	9,8316 »
45°	0,0169 »	0,0086 »	9,8062 »				

Числа послѣдняго столбца получаются черезъ прибавленіе суммы чиселъ, заключенныхъ въ столбцахъ I и II, къ числу 9,7807, выражающему напряженіе силы тяжести на экваторѣ. Если бы мы могли непосредственными наблюденіями опредѣлить измѣненіе напряженія силы тяжести при переходѣ отъ одной точки земной поверхности къ другой, то вращеніе земли около оси было бы блестящимъ образомъ доказано.

Въ способахъ опредѣленія этого измѣненія недостатка нѣтъ, и хотя съ теоретической точки зрѣнія они всѣ безукоризненны, но на практикѣ, въ большинствѣ случаевъ, трудно надѣяться получить хорошіе результаты. Такіе случаи въ астрономіи бываютъ перѣдко, такъ какъ астрономы за пеходную точку своихъ математическихъ разсужденій принимаютъ обыкновенно факты, получаемые изъ наблюденій. При наблюденіяхъ же большую роль играютъ наши чувства, которыя оказываются далеко несовершенными, такъ что произво-

димья нами измѣренія обыкновенно даютъ результаты, болѣе или менѣе отличающіеся отъ истины. Точно также и инструменты, которыми мы производимъ наблюденія, всегда страдаютъ источностью, правда незначительную, по все-же могущую вліять на результаты. Кроме того, явленія въ природѣ часто бываютъ такъ перепутаны между собою, что нелегко выдѣлать интересное влѣя явленіе отъ другихъ. Ошибки результатовъ обуславливаемая несовершенствомъ нашихъ чувствъ и инструментовъ, какъ бы малы онѣ ни были, очень часто превосходятъ тѣ малыя величины, которыя мы должны получить при помощи наблюденія. Отсюда ясно, что, если нелегко придумать теоретически вѣрный способъ опредѣленія какой-нибудь величины, то еще труднѣе составить такую программу наблюденій, выполненіе которой привело бы къ надежнымъ результатамъ.

Примѣровъ, подтверждающихъ вышесказанное, можно найти не мало. Такъ, напр., для опредѣленія разницы въ вѣсѣ тѣла на экваторѣ и на полюсѣ, казалось бы, стоитъ только взвѣсить какое-нибудь тѣло сначала на экваторѣ, а потомъ на полюсѣ. На самомъ же дѣлѣ, обыкновенными вѣсами для этой цѣли воспользоваться нельзя: насколько тяжелѣе сдѣлается на полюсѣ взвѣшиваемое тѣло, на столько же увеличится вѣсѣ гиря, лежащей на другой чашкѣ вѣсовъ, и послѣдніе не покажутъ никакой разницы въ вѣсѣ. Конечно, мы могли бы употребить для нашей цѣли пружинные вѣсы. Положимъ, что на полюсѣ какое-нибудь тѣло, подвѣшенное къ пружиннымъ вѣсамъ, вытянетъ пружину на опредѣленную длину, которую мы можемъ измѣрить съ большою точностью. Перенесемъ вѣсы вмѣстѣ съ тѣломъ на экваторъ. Такъ какъ тѣло уменьшится въ вѣсѣ, то на экваторѣ оно вытянетъ пружину на меньшую длину, чѣмъ на полюсѣ.

Чтобы длина вытянутой пружины была одна и та-же въ обоихъ случаяхъ, мы, на экваторѣ, должны прибавить къ тѣлу нѣкоторый дополнительный грузъ, по величинѣ котораго и можемъ сдѣлать заключеніе объ измѣненіи напряженія силы тяжести при переходѣ отъ полюса къ экватору. Однако, измѣненіе упругости пружины, измѣненіе ея длины съ повышеніемъ температуры и другія подобныя обстоятельства въ данномъ случаѣ въ сильной степени затрудняютъ производство опыта, на успѣхъ котораго очень трудно разсчитывать. Точно также наблюденія надъ паденіемъ тѣлъ съ высокихъ башенъ могли бы служить для опредѣленія измѣненія напряженія силы тяжести, такъ какъ на экваторѣ тѣло должно падать медленнѣе, чѣмъ на полюсахъ. Въ теченіе шести секундъ

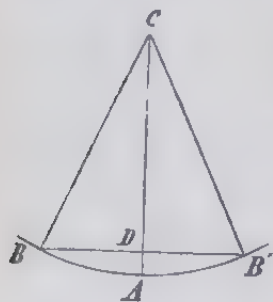


Рис. 15.

одно и то-же тѣло упало бы на экваторѣ съ высоты 176,1 метровъ, а на полюсѣ съ высоты 177,0 метровъ. Эта разность настолько значительна, что ее можно было бы замѣтить. Но на практикѣ мы опять такъ встрѣчаемся съ большими затрудненіями. Во первыхъ, нелегко устроить высокія башни въ мѣстахъ, удобныхъ для производства опытовъ; во вторыхъ, во время самыхъ опытовъ большое вліяніе на результаты оказываетъ сопротивленіе воздуха. Такимъ образомъ и эти опыты не приведутъ насъ къ цѣли.

Можно было бы предложить еще много другихъ теоретически вѣрныхъ способовъ опредѣленія различія въ силѣ тяжести на экваторѣ и на полюсахъ, но все они обладаютъ однимъ и тѣмъ же недостаткомъ—трудностью осуществленія ихъ на практикѣ, почему мы и не станемъ утомлять читателя перечисленіемъ всѣхъ ихъ.

§ 16. **Опредѣленіе напряженій силы тяжести при помощи наблюденій надъ качаніями маятника.** Для опредѣленія напряженія силы тяжести въ любой точкѣ земного шара мы можемъ воспользоваться весьма простымъ инструментомъ—маятникомъ, примѣненіе котораго къ нашимъ часамъ поставило всю практическую астрономію на совершенно новую, болѣе твердую почву. Въ простѣйшемъ своемъ видѣ маятникъ состоитъ изъ нити  $CA$  съ свинцовымъ шарикомъ  $A$  на одномъ ея концѣ (рис. 15). Другой конецъ нити  $C$

долженъ быть неподвижно прикрѣпленъ къ какой-нибудь подставкѣ. Такой маятникъ, находясь въ покоѣ, вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести, занимаетъ вертикальное положеніе  $CA$ . Взвѣсивъ рукой за шарикъ  $A$ , приведемъ маятникъ въ какое нибудь положеніе  $CB$ , отличное отъ вертикальнаго, наблюдая, чтобы нить при этомъ была натянута. Если мы выпустимъ шарикъ изъ руки, то въ этомъ новомъ положеніи онъ не можетъ оставаться въ покоѣ: вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести онъ стремится занять первоначальное положеніе и описываетъ дугу  $BA$  около центра  $C$ . Достигнувъ нижней точки  $A$  дуги  $BA$ , шарикъ приобретаетъ нѣкоторую скорость, отчего онъ отклоняется по другую сторону отъ вертикальной линіи  $CA$  и описываетъ дугу  $AB'$ , равную дугѣ  $AB$ , поднимаясь на такую же высоту, на которой онъ находился въ точкѣ  $B$ . Въ высшей точкѣ  $B'$  своего дуги шарикъ теряетъ всю приобретенную скорость и, вслѣдствіе притяженія земли, снова опускается по дугѣ  $B'A$ . Дойдя до нижней точки  $A$ , онъ приобретаетъ прежнюю скорость и опять поднимается по дугѣ  $AB$  и т. д. Эти движенія взадъ и впередъ по дугѣ  $BB'$  или, какъ говорятъ, размахи маятникъ совершаетъ постоянно въ одинаковыя промежутки времени. Но, вслѣдствіе тренія нити въ точкѣ прикрѣпленія  $C$  и вслѣдствіе сопротивленія воздуха, онъ дѣлаетъ все меньшіе и меньшіе размахи и, въ концѣ концовъ, останавливается и принимаетъ первоначальное положеніе  $AC$ . На практикѣ нить замѣняютъ стальнымъ стержнемъ  $AC$  съ отверстіемъ при  $C$ , верхняя часть котораго опирается на горизонтальное остріе ножа или на острый край призмы изъ какого-нибудь твердаго минерала. Такой маятникъ можетъ совершать свои размахи въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. При этомъ дуга  $BB'$  постепенно уменьшается, но время одного размаха остается постоянно одно и тоже.

Чѣмъ длиннѣе нить маятника, тѣмъ продолжительнѣе время размаха его. Для одного и того же маятника время размаха увеличивается съ уменьшеніемъ силы, приводящей маятникъ въ движеніе; иначе говоря, чѣмъ меньше напряженіе силы тяжести, тѣмъ медленнѣе движеніе маятника.

Будемъ измѣнять длину нити или, что тоже самое, будемъ перемѣщать шарикъ вдоль стального стержня въ ту или другую сторону до тѣхъ поръ, пока время одного размаха маятника не сдѣлается равнымъ въ точности одной секундѣ времени. Полученный такимъ образомъ маятникъ называется секунднымъ маятникомъ.

Изъ опытовъ найдено, что длина секунднаго маятника на экваторѣ равна 990.96 мм., а на полюсахъ 996.15 мм. Хотя разность между этими длинами, составляющая всего 5.19 мм., и очень мала, тѣмъ не менѣе, при помощи наблюденій надъ качаніями маятника, она можетъ быть опредѣлена съ весьма большой точностью.

Обыкновенно одинъ и тотъ же маятникъ заставляють качаться въ двухъ различныхъ мѣстахъ земной поверхности и при этомъ сосчитываютъ число размаховъ, совершаемыхъ имъ въ обоихъ мѣстахъ въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, напр., въ теченіе цѣлыхъ сутокъ. Такія наблюденія производятся весьма легко и съ большою точностью. Если мы знаемъ длину секунднаго маятника для одного мѣста, то изъ этихъ наблюденій опредѣлимъ его длину и для другого мѣста, такъ какъ отношеніе длинъ секунднаго маятника для двухъ какихъ-нибудь мѣстъ равно отношенію квадратовъ чиселъ размаховъ, совершаемыхъ въ этихъ мѣстахъ однимъ и тѣмъ же маятникомъ въ одинъ тотъ же промежутокъ времени. Положимъ, напр., что одинъ и тотъ же маятникъ, въ теченіе сутокъ, дѣлаетъ на экваторѣ 86400 размаховъ, а въ Лондонѣ 86535. Квадраты этихъ чиселъ относятся между собою какъ 1 къ 1,0031. Въ такомъ же отношеніи находятся, слѣдовательно, и длины секунднаго маятника для обоихъ мѣстъ. А такъ какъ напряженія силы тяжести прямо пропорціалны длинамъ секунднаго маятника, то ясно, что тѣло, вѣсящее на экваторѣ 10000 килограммовъ, въ Лондонѣ должно сдѣлаться тяжелѣе на 31 килгр. Въ настоящее время длина секунднаго маятника опредѣлена для весьма большого числа пунктовъ, разсѣянныхъ



по всему земному шару. Въ слѣдующей табличкѣ даны длины секунднаго маятника для нѣкоторыхъ мѣстъ.

На ванѣ мѣста наблюденья.	Широта.	Длина секунд-наго маятника въ метрахъ.	Название мѣста наблюденья.	Широта.	Длина секунд-наго маятника въ метрахъ.
Молукке острова	51° 32' южн.	0,994129	Парижъ . . .	48° 50' сѣв.	0,993860
Портъ Джексонъ .	33 52 „	0,992588	Лондонъ . . .	51 31 „	0,994129
Островъ Равакъ .	0 2 „	0,990958	Унгеръ . . . .	60 45 „	0,994939
Ямайка . . . . .	17 56 сѣв.	0,991474	Гамбургъ . . .	70 40 „	0,995541
Нью-Йоркъ . . . .	40 43 „	0,993169	Шницбергъ . .	79 50 „	0,996046
Вѣна . . . . .	48 14 „	0,993871			

\* Въ послѣднее время число опредѣленій длины секунднаго маятника значительно увеличилось благодаря стараніямъ Р. фонъ-Штернека, сдѣлавшаго въ одной Австріи нѣсколько сотъ опредѣленій при помощи построеннаго имъ самимъ прибора, который теперь входитъ въ всеобщее употребленіе (рис. 16). Маятникъ Штернека сдѣланъ изъ латуни и состоитъ изъ стержня, на нижнемъ концѣ котораго прикрѣплена такъ называемая линза А, вѣсящая приблизительно по одинъ килограммъ. Длина маятника составляетъ 24 сант., а время одного размаха маятника равняется приблизительно 0,5 секунды. Верхнимъ концомъ маятникъ подвѣшенъ къ штативу, имѣющему видъ треножника. \*

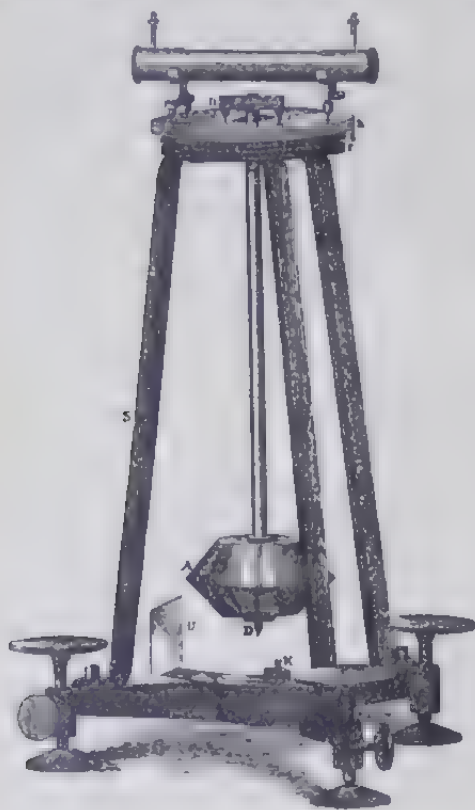


Рис. 16.

§ 17. Дальнѣйшія доказательства вращенія земли. I. Ходъ часовъ. Въ 1672 г. французскій астрономъ Ришэ предпринялъ, по порученію Парижской Академіи, путешествіе съ ученой цѣлью на островъ Кайенну, лежащій на 5° сѣвернѣе экватора. Когда онъ установилъ тамъ свои часы, хорошо вывѣренные въ Парижѣ, то замѣтилъ, что они стали отставать въ теченіе сутокъ приблизительно на 2½ минуты. Чтобы сообщить часамъ правильный ходъ, ему пришлось укоротить ихъ маятникъ на 2½ мм. Это удивительное измѣненіе хода часовъ при переѣздѣ изъ Парижа въ Кайенну Ришэ не могъ приписать порчѣ часовъ во время путешествія, такъ какъ, по возвращеніи въ Парижъ, онъ убѣдился, что часы съ укороченнымъ маятникомъ стали въ теченіе сутокъ уходить впередъ на 2½ 28", и онъ долженъ былъ снова увеличить длину маятника на тѣ же 2½ мм.

Это явленіе, на которое физикъ Гукъ указывалъ еще за 9 лѣтъ до путешествія Ришэ, Ньютономъ безъ малѣйшаго колебанія признавалъ за новое доказательство вращенія земли. Мы видѣли выше (§ 16), что, чѣмъ меньше напряженіе силы тяжести, тѣмъ медленнѣе качается маятникъ. Поэтому вполне понятно, что маятникъ, перевезенный изъ Парижа на островъ Кайенну, лежащій недалеко отъ экватора, гдѣ напряженіе силы тяжести, вѣдѣтвие вращенія земли, меньше, долженъ былъ отставать. Обратно, когда укороченный маятникъ былъ снова перевезенъ въ Парижъ, гдѣ напряженіе силы

тяжести больше, онъ долженъ былъ уходить впередъ на тѣ же 2½ 28", и онъ долженъ былъ снова увеличить длину маятника на тѣ же 2½ мм.

Это явленіе, на которое физикъ Гукъ указывалъ еще за 9 лѣтъ до путешествія Ришэ, Ньютономъ безъ малѣйшаго колебанія признавалъ за новое доказательство вращенія земли. Мы видѣли выше (§ 16), что, чѣмъ меньше напряженіе силы тяжести, тѣмъ медленнѣе качается маятникъ. Поэтому вполне понятно, что маятникъ, перевезенный изъ Парижа на островъ Кайенну, лежащій недалеко отъ экватора, гдѣ напряженіе силы тяжести, вѣдѣтвие вращенія земли, меньше, долженъ былъ отставать. Обратно, когда укороченный маятникъ былъ снова перевезенъ въ Парижъ, гдѣ напряженіе силы

тяжести больше, чѣмъ на экваторѣ, длину его пришлось, конечно, увеличить, чтобы сообщить часамъ правильный ходъ. Такимъ образомъ наблюденія надъ качаніями маятника, вполне подтверждая предположеніе о вращеніи земли около оси, служатъ блестящимъ доказательствомъ этого вращенія.

II. Опытъ Фуко. Всѣ вышеприведенныя доказательства вращенія земли основаны на такихъ наблюденіяхъ и опытахъ, которые доступны лишь весьма немногимъ. Теперь мы познакомимъ читателей съ весьма остроумнымъ и въ высшей степени простымъ опытомъ, который впервые былъ произведенъ въ 1851 г. въ Парижѣ Леономъ Фуко и который можетъ всякаго нагляднѣйшимъ образомъ убѣдить въ справедливости предположенія о вращеніи земли.

Положимъ, что на одномъ изъ земныхъ полюсовъ подвѣсимъ къ какой-нибудь подставкѣ маятникъ, состоящій изъ однороднаго металлическаго шара, прикрѣпленнаго къ гибкой нити. Положимъ далѣе, что та точка, въ которой привѣшена нить маятника, находится на продолженіи земной оси, и что подставка не принимаетъ участія въ суточномъ вращеніи земли. Выведенный изъ положенія равновѣсія маятникъ начинаетъ описывать въ вертикальной плоскости дугу круга, центръ котораго совпадаетъ съ точкой прикрѣпленія нити къ подставкѣ. Плоскость, въ которой маятникъ совершаетъ свои размахи, обыкновенно называется плоскостью качаній маятника. На полюсѣ эта плоскость должна сохранять неизмѣнное положеніе въ пространствѣ все время, пока маятникъ качается, потому что, съ одной стороны, нѣтъ никакой причины, которая могла бы заставить эту плоскость повернуться около вертикальной линіи, какъ около оси, въ ту или другую сторону, а съ другой стороны, на полюсѣ вертикальная линія, опредѣляющая собою положеніе равновѣсія маятника, совпадаетъ съ земною осью вращенія и, слѣдовательно, сохраняетъ неизмѣнное положеніе въ пространствѣ. Но такъ какъ земля, надъ которой подвѣшенъ маятникъ, вращаясь съ запада на востокъ, въ 24 часа совершаетъ полный оборотъ около оси, то и любая вертикальная плоскость, не исключая и той, въ которой въ началѣ опыта качался маятникъ и которая тогда совпадала съ неизмѣнной плоскостью качаній, поворачивается около земной оси въ теченіе сутокъ на  $360^\circ$  съ запада на востокъ; наблюдателю же, находящемуся на полюсѣ и считающему землю неподвижной, должно казаться, что плоскость качаній маятника вращается въ обратномъ направленіи, съ востока на западъ, около земной оси, совпадающей съ положеніемъ покоя маятника, и въ 24 часа описываетъ полный оборотъ.

Перемѣстимся теперь на экваторѣ и подвѣсимъ маятникъ совершенно такъ-же, какъ и раньше. На экваторѣ, въ положеніи покоя маятника, нить послѣдняго располагается въ плоскости экватора, такъ какъ шарикъ его притягивается къ центру земли. Заставимъ маятникъ совершать размахи, для простоты, въ самой плоскости экватора, т. е. въ той вертикальной плоскости, которая пересѣкается съ плоскостью горизонта по линіи, соединяющей точки востока и запада. Такъ какъ нѣтъ причины, вследствие которой плоскость качаній маятника могла бы повернуться въ ту или другую сторону около вертикальной линіи, лежащей въ плоскости экватора, то въ данномъ случаѣ вполнѣ очевидно, что маятникъ, несмотря на вращеніе земли, все время долженъ качаться въ той-же самой плоскости. Такимъ образомъ на экваторѣ, по крайней мѣрѣ въ только что разсмотрѣнномъ частномъ случаѣ, наблюдатель вовсе не замѣчаетъ вращенія плоскости качаній маятника.

\* У всякаго можетъ явиться вопросъ, что произойдетъ, если мы на экваторѣ, въ началѣ опыта, заставимъ маятникъ совершать размахи въ какой-нибудь другой вертикальной плоскости. Для этого рассмотримъ еще одинъ частный случай, именно заставимъ маятникъ качаться въ плоскости меридіана, иначе говоря, въ той вертикальной плоскости, которая съ плоскостью горизонта пересѣкается по полуденной линіи (Введ. § 7), т. е. по линіи, соединяющей точки сѣвера и юга. На экваторѣ вертикальная линія мѣста наблю-

тения, совпадающая съ положеніемъ равновѣсія маятника, перпендикулярна къ оси вращенія земли, и, вследствие этого, она въ теченіе сутокъ описываетъ полный оборотъ въ плоскости экватора. Точно также и плоскость меридіана, въ которой мы въ началѣ опыта заставили маятникъ совершать размахи, какъ плоскость, проходящая черезъ вертикальную линію и черезъ ось вращенія земли, въ 24 часа поворачивается около этой послѣдней оси на полшье  $360^\circ$ . Различныя же положенія полуденной линіи при этомъ постоянно остаются параллельными между собою, такъ какъ они все лежатъ на поверхности цилиндра, касающагося земного шара по окружности экватора. Наконецъ, плоскость качаній маятника, которая всегда, конечно, проходитъ черезъ вертикальную линію мѣста наблюденія, т. е. черезъ положеніе равновѣсія маятника, и которая въ данномъ частномъ случаѣ въ началѣ опыта совпадала съ плоскостью меридіана, и все время должна совпадать съ этою плоскостью, такъ какъ мы уже знаемъ, что нѣтъ причины, которая-бы могла заставитьъ плоскость качаній маятника вращаться около вертикальной линіи, и потому она всегда должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, параллельной первоначальному положенію полуденной линіи и, вмѣстѣ съ тѣмъ, совпадающей съ новымъ положеніемъ этой послѣдней въ любой точкѣ экватора. Слѣдовательно, и въ этомъ частномъ случаѣ никакого отклоненія плоскости качаній маятника на экваторѣ наблюдатель не замѣчаетъ. На основаніи разсмотрѣнныхъ двухъ частныхъ случаевъ легко сдѣлать общее заключеніе, что въ какой бы вертикальной плоскости на экваторѣ, въ началѣ опыта, мы ни заставили маятникъ совершать размахи, онъ и все время долженъ качаться въ той-же самой плоскости. \*

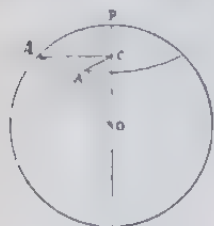


Рис. 17.

Изъ разобранныхъ нами двухъ предѣльныхъ случаевъ, изъ которыхъ въ одномъ опытъ производился на полюсѣ, а въ другомъ на экваторѣ, уже легко заключить, что должно произойти, если мы заставимъ маятникъ качаться въ какой-нибудь точкѣ, лежащей между полюсомъ и экваторомъ: маятникъ не будетъ качаться все время въ одной и той же плоскости, какъ это имѣетъ мѣсто на экваторѣ, но, въ то же время, плоскость качаній маятника не совершитъ полнаго оборота, какъ на полюсахъ, а повернется видимымъ образомъ съ востока на западъ на некоторое число градусовъ, заключающееся между  $0^\circ$  и  $360^\circ$ .

Мы опять разсмотримъ два частныхъ случая, но предварительно замѣтимъ, что во всякой промежуточной точкѣ земного шара, лежащей между полюсомъ и экваторомъ, вертикальная линія мѣста наблюденія, съ которой совпадаетъ положеніе покоя маятника, составляетъ съ осью вращенія земли тѣмъ большій уголъ, чѣмъ дальше отъ полюса отстоитъ это мѣсто. Слѣдовательно, въ промежуточныхъ точкахъ вращеніе земли не проведетъ около вертикальной линіи, какъ на полюсахъ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, эта послѣдняя не совершаетъ въ теченіе сутокъ полнаго оборота въ нѣкоторой вертикальной плоскости, какъ на экваторѣ, а описываетъ, во время полнаго оборота земли, поверхность конуса, вершина котораго совпадаетъ съ центромъ земного шара, а отверстіе увеличивается по мѣрѣ приближенія мѣста наблюденія къ экватору. \* Для перваго частного случая заставимъ маятникъ, въ началѣ опыта въ промежуточной точкѣ А, качаться въ вертикальной плоскости имѣющей съ только что упомянутымъ конусомъ одну общую линію ОА (рис. 17) или какъ говорятъ, касающейся конуса по этой линіи. Эта вертикальная плоскость, какъ легко понять, пересѣкается съ горизонтомъ по линіи, проходящей черезъ точки востока и запада и, слѣдовательно, она перпендикулярна къ полуденной линіи мѣста наблюденія. Черезъ нѣсколько времени земля повернется на уголъ АСА'; вертикальная линія ОА приметъ положеніе ОА'; вмѣстѣ съ тѣмъ и вертикальная плоскость, совпадавшая въ началѣ опыта съ плоскостью качаній маятника, перемѣстится въ пространство и при новомъ своемъ положеніи будетъ касаться конуса по линіи ОА'. При одномъ взглядѣ на ри-

сундук 17 мы убеждаемся в томъ, что новое положеніе разсматриваемой нами вертикальной плоскости составляет со своимъ первоначальнымъ положеніемъ нѣкоторый уголъ, который, однако, меньше угла  $\angle CA'$ . Такимъ образомъ, вслѣдствіе вращенія земли, вертикальная плоскость во всякой промежуточной точкѣ земного шара какъ бы поворачивается около вертикальной линіи съ запада на востокъ на нѣкоторый уголъ, который во всякомъ случаѣ меньше угла поворота земли. Тотъ же самый уголъ заключается также между новымъ и первоначальнымъ положеніями полуденной линіи, которая, какъ мы выше видѣли, всегда перпендикулярна къ [разсматриваемой нами вертикальной плоскости. Посмотримъ, что произойдетъ въ тотъ же самый промежутокъ времени съ плоскостью качаній маятника. Эта плоскость въ данномъ случаѣ не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ, но переносится вмѣстѣ съ вертикальной линіей, черезъ которую она постоянно должна проходить. Но такъ какъ нѣтъ причины, которая могла бы заставить эту плоскость вращаться около вертикальной линіи, то при новомъ своемъ положеніи она, заключая въ себѣ вертикальную линію  $OA$ , должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, проходящей черезъ точку  $A'$  и параллельной первоначальному положенію линіи, соединяющей точки востока и запада. Перпендикуляръ, возставленный въ точкѣ  $A'$  къ новому положенію плоскости качаній маятника, очевидно, параллеленъ первоначальному направленію полуденной линіи. Поэтому наблюдателю въ нѣкоторой точкѣ  $A$ , лежащей между экваторомъ и полюсомъ, должно казаться, что, въ то время какъ земля поворачивается на уголъ  $\angle CA'$ , плоскость качаній маятника поворачивается около вертикальной линіи съ востока на западъ на нѣкоторый уголъ, который меньше угла  $\angle CA'$  и равенъ углу, составляемому новымъ и первоначальнымъ положеніями полуденной линіи. Разсматривая такимъ же образомъ дальнѣйшее перемѣщеніе точки  $A$  по окружности земной параллели  $AA'$ , мы приходимъ къ заключенію, что плоскость качаній маятника, вращаясь видимымъ образомъ около вертикальной линіи съ востока на западъ, въ теченіе сутокъ поворачивается на нѣкоторый уголъ, заключающийся между  $0^\circ$  и  $360^\circ$  и равный углу, который образуютъ начальное и конечное положенія полуденной линіи.

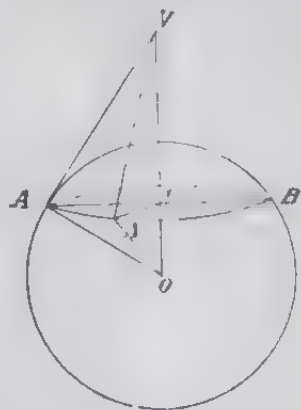


Рис. 18.

На первый взглядъ является сомнѣніе, почему по прошествіи сутокъ уголъ между начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи не равенъ  $360^\circ$ , если въ это время земля совершаетъ полный оборотъ около оси, и точка  $A$  описываетъ полную окружность по своей параллели  $AA'$ . Ниже мы разъяснимъ это сомнѣніе, а также выведемъ формулу, опредѣляющую величину угла, на который въ теченіе сутокъ поворачивается видимымъ образомъ плоскость качаній маятника. Теперь же перейдемъ къ разбору второго частнаго случая, когда въ началѣ опыта въ промежуточной точкѣ  $A$  маятникъ совершаетъ размахи въ плоскости меридіана, т. е. въ той вертикальной плоскости, которая пересѣкается въ плоскостью горизонта по полуденной линіи. Плоскость меридіана, очевидно, совершаетъ въ теченіе сутокъ полный оборотъ около оси вращенія земли. Полуденная линія, которая есть ни что иное, какъ касательная  $AV$  къ земному шару въ точкѣ  $A$ , пересѣкается съ осью вращенія въ точкѣ  $V$  (рис. 18) и при вращеніи земли послѣдовательно совпадаетъ съ каждой изъ производящихъ конуса  $AVB$ , основаніемъ которому служитъ малый кругъ  $AA'B$ , т. е. параллель точки  $A$ . Такимъ образомъ каждое новое положеніе полуденной линіи составляетъ съ прежнимъ нѣкоторый уголъ  $\angle A'VA$ , очевидно, меньшій, чѣмъ уголъ  $\angle CA'$ , на которой въ это время повернулась земля. Въ то время какъ плоскость мери

дана, при поворотъ земли на уголъ  $ACA$ , переходить изъ своего первоначальнаго положенія  $A'CO$  въ новое положеніе  $A''CO$ , плоскость качаній маятника не остается неподвижною въ пространствѣ, но переносится вмѣстѣ съ вертикальною линіею, черезъ которую она постоянно должна проходить, и которая за этотъ промежутокъ времени перемѣщается изъ положенія  $OA$  въ положеніе  $OA'$ . Но такъ какъ вѣтъ причины, которая могла бы заставитьъ плоскости качаній маятника вращаться около вертикальной линіи, то эта плоскость, заключаая въ себѣ при новомъ своемъ положеніи вертикальную линію  $OA'$ , должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, проходящей черезъ точку  $A$  и параллельной первоначальному положенію  $A''V$  полуденной линіи. Такимъ образомъ новое положеніе плоскости качаній маятника составляетъ съ новымъ положеніемъ плоскости меридіана уголъ, который меньше угла  $ACA$  поворота земли и равенъ углу  $A'VA$  между двумя положеніями полуденной линіи, и наблюдателю опять должно казаться, что, въ то время какъ земля повертывается съ запада на востокъ на уголъ  $ACA$ , плоскость качаній маятника поворачивается около вертикальной линіи съ востока на западъ на уголъ  $A'VA$ , который заключается между начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи и который меньше угла  $ACA'$ .

Такимъ образомъ, заставляя маятникъ качаться одинъ разъ въ плоскости меридіана, другой разъ въ плоскости, къ ней перпендикулярной, мы приходимъ къ одному и тому-же выводу. Поэтому мы можемъ обобщить полученный результатъ также и на тотъ случай, когда въ началѣ опыта маятникъ совершаетъ размахи въ какой-угодно вертикальной плоскости.

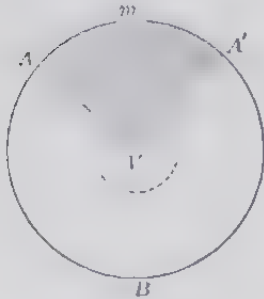


Рис. 19.

Пояснимъ теперь, почему по прошествіи сутокъ уголъ, образуемый начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи, меньше  $360^\circ$ . Это происходитъ исключительно отъ того, что въ промежуточной точкѣ, лежащей между экваторомъ и полюсомъ, полуденная линія, при вращеніи земли, описываетъ поверхность конуса  $A'VB$  (рис. 18). На экваторѣ этотъ конусъ обращается въ цилиндръ, и различныя положенія полуденной линіи дѣлаются параллельными между собой. На полюсѣ поверхность конуса обращается въ горизонтальную плоскость, и полуденная линія совершаетъ въ теченіе сутокъ полный оборотъ въ этой плоскости. Опредѣлимъ, далѣе, величину того угла, на который видимымъ образомъ поворачивается въ теченіе сутокъ плоскость маятника въ некоторой промежуточной точкѣ  $A$ , лежащей между полюсомъ и экваторомъ. Положимъ, что конусъ  $A'VB$  (рис. 18) разрѣзанъ по одной изъ производящихъ, напряміръ по  $AV$ , и развернутъ на плоскости. Такимъ образомъ мы получаемъ круговой секторъ  $ABA'$  (рис. 19). Уголъ  $V$  этого сектора, отмѣченный на рисункѣ 19 пунктирной линіею, равенъ суммѣ всѣхъ угловъ, которые составляютъ между собою каждыя двѣ рядомъ лежащія производящія конуса  $A'VB$ . Этотъ уголъ  $V$ , очевидно, меньше  $360^\circ$  опредѣлимъ же его величину. Длина окружности параллели  $ABV$  (рис. 18) равна  $2\pi r$ , гдѣ  $r = AV$  есть радиусъ этой параллели. Следовательно, длина дуги  $ABA'$  на рис. 19 также равна  $2\pi r$ . Далѣе, обозначимъ буквою  $\rho$  длину производящей  $AV$  конуса  $A'VB$ . Въ такомъ случаѣ длина окружности  $ABA'mA$ , радиусъ которой есть  $AV = \rho$ , равна  $2\pi\rho$  (рис. 19). Послѣ этого безъ труда можемъ написать слѣдующую пропорцію:

$$\text{уголъ } V : 360^\circ = \text{дуга } ABA' : \text{окружн. } ABA'mA,$$

или, иначе,

$$\text{уголъ } V : 360^\circ = 2\pi r : 2\pi\rho.$$

Отсюда получаемъ

$$V = 360^\circ \times \frac{r}{\rho}.$$

Но изъ подобныхъ треугольниковъ  $\triangle VC'$  и  $\triangle CO$  (рис. 18), если радиусъ  $AO$  земнаго шара обозначимъ буквой  $R$ , а разстояніе  $OC$  плоскости малаго круга  $\triangle AB$  отъ центра шара буквой  $D$ , находимъ:

$$r : \rho = D : R.$$

Поэтому предыдущая формула принимаетъ видъ:  $V = 360^\circ \times \frac{D}{R}$ .

Такимъ образомъ, въ некоторой точкѣ, лежащей между полюсомъ и экваторомъ, кажущееся суточное отклоненіе плоскости качаній маятника составляетъ  $360^\circ \times \frac{D}{R}$ . На экваторѣ  $D = 0$ , и потому  $V = 0^\circ$ . На полюсѣ  $D = R$ , и потому  $V = 360^\circ$  \*).

Въ слѣдующей табличкѣ даны величины кажущагося суточного отклоненія плоскости качаній маятника для различныхъ широтъ, вычисленныя по вышеприведенной формулѣ.

Широта.	Отклоненіе.	Широта.	Отклоненіе.
0°	0°	45°	255°
5	32	50	276
10	63	55	295
15	93	60	312
20	123	65	326
25	152	70	338
30	180	75	348
35	206	80	355
40	231	85	359
45	255	90	360

Пользуясь этой табличкой, можно по простой пропорціи найти величину отклоненія для какой угодно широты. Такъ, напримѣръ, для Парижа, лежащаго подъ широтой  $48^\circ 8'$ , отклоненіе получается равнымъ  $271^\circ$ . \*

Въ началѣ этого параграфа мы сдѣлали предположеніе, что подставка, къ которой подвѣшенъ маятникъ, не принимаетъ участія во вращательномъ движеніи земли. Въ дѣйствительности же, при производствѣ опыта, этого условія выполнить нельзя, такъ какъ подставка, къ которой прикрѣпленъ верхній конецъ нити, покоится на подвижной землѣ. Поэтому съ перваго взгляда можно опасаться, что вращательное движеніе земли сообщится также нити и шарикю маятника, что влѣдетъ въ это измѣненіе положенія плоскости качаній маятника, и такимъ образомъ мы не будемъ наблюдать явленія въ томъ видѣ, какъ оно описано выше. Но можно доказать, что вращеніе подставки не оказываетъ никакого замѣтнаго вліянія на положеніе плоскости качаній маятника, если только нить сто круглая и однородная.

\* Для этой цѣли воспользуемся приборомъ, состоящимъ изъ штатива, къ которому на нити привѣшенъ шарикъ (рис. 20). Если мы заставимъ этотъ шарикъ качаться въ какой-нибудь вертикальной плоскости и затѣмъ станемъ вращать весь штативъ, напр., по направленію часовой стрѣлки, то плоскость качанія останется неизмѣнною, въ чемъ не трудно

\*) Въ § 39 даемъ понятіе о такъ называемыхъ тригонометрическихъ величинахъ. На основаніи сказаннаго въ § 39 мы изъ треугольника  $\triangle CO$  имѣемъ  $D = R \sin \varphi$ , такъ какъ уголъ  $\triangle AOC = 90^\circ - \varphi$ , гдѣ  $\varphi$  есть географическая широта мѣста наблюденія. Поэтому формулу для опредѣленія величины  $V$  мы можемъ переписать такъ:  $V = 360^\circ \sin \varphi$ .

убедиться, замѣчая положеніе ея относительно стѣлъ комнаты, разныхъ предметовъ, въ ней находящихся и т. д., и различныя линіи, которыя можно провести на нижней площадкѣ прибора черезъ ось вращения, будутъ постепенно совпадать съ плоскостью качаній. Такъ, если маятникъ вначалѣ качался по линіи, на концахъ которой стоятъ цифры 90 и 270, то черезъ некоторое время онъ будетъ качаться по линіи, перпендикулярной къ ней и обозначенной на чертежѣ цифрами 0 и 180 и т. д. При этомъ уголъ, составляемый той линіей, по которой въ данный моментъ качается маятникъ, съ линіей, по которой онъ качался

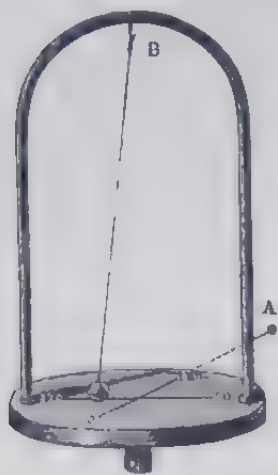


Рис. 20.

въ началѣ опыта, всегда равенъ углу поворота всего штатива за протекшій промежутокъ времени. Изъ предыдущаго ясно, что плоскость качаній маятника не должна мѣнять своего положенія вѣдствие вращения его подставки вмѣстѣ съ землей. \*

Поэтому въ любой точкѣ земного шара опытъ Фуко долженъ проходить именно такъ, какъ описано выше. Опытъ Фуко представляетъ самое простое и наглядное доказательство вращенія земли около оси. Это доказательство имѣеть то преимущество передъ всеми другими, что всякій самъ легко можетъ убедиться въ его справедливости. Въ самомъ дѣлѣ, металлическаго шара, подвѣшеннаго на длинной гибкой нити, уже достаточно, чтобы ясно представить явленіе, по крайней мѣрѣ, въ его главныхъ чертахъ.

Когда опытъ Фуко сталъ извѣстенъ, его начали повторять всюду. Чтобы воспроизвести его, къ высшей точкѣ какого-нибудь свода прикрѣпляютъ металлическую пластинку А, которая и служитъ точкой привѣса нити маятника (рис.

21). Нить маятника, приготовляемая обыкновенно изъ желѣзной проволоки, діаметръ которой равенъ въ среднемъ 0,8 миллиметра, берется по возможности длиннѣе, на сколько только позволяетъ высота помещенія, гдѣ производится опытъ. Къ нижнему концу проволоки прикрѣпляется металлическій шаръ, вѣсомъ въ нѣсколько килограммовъ, который оканчивается остриемъ, составляющимъ продолженіе нити маятника.



Рис. 21.

Въ началѣ опыта необходимо обратить особенное вниманіе на то, чтобы нить какъ-нибудь не закрутилась, и чтобы маятникъ при своихъ размахахъ описывалъ въ точности отвѣсную плоскость, а не поверхность конуса.

Чтобы вывести маятникъ изъ положенія равновѣсія, на шаръ надѣваютъ петлю, сдѣланную на одномъ концѣ бичевки, другой конецъ которой прикрѣпляется къ стѣнѣ на незначительной высотѣ надъ поломъ. Мѣняя длину бичевки, можно по произволу увеличивать или уменьшать амплитуду качаній маятника, т. е. длину дуги, описываемой его остриемъ. При опытахъ самого Фуко амплитуда качаній въ началѣ опыта обыкновенно равнялась отъ 15° до 20°. Выведя маятникъ изъ вертикальнаго положенія при помощи бичевки съ петлей на концѣ, даютъ ему совершенно успо-

копиться и затѣмъ срезаютъ бичевку, вѣдствие чего петля падаетъ на землю, а маятникъ продолжаетъ совершать размахи. По прошествіи получаса кажущееся вращеніе плоскости качаній маятника въ среднихъ широтахъ составляетъ уже болѣе 5°, что вполнѣ

замѣтно для глаза. Чтобы убѣдиться, происходитъ ли это вращеніе въ дѣйствительности непрерывно, мы можемъ прикрѣпить къ полу отвѣсный штифтъ такъ, чтобы въ началѣ опыта остріе маятника при наибольшемъ его отклоненіи отъ положенія равновѣсія, почти касалось этого штифта. Уже черезъ минуту соприкосновеніе острія и штифта не будетъ имѣть мѣста. По отклоненію острія маятника отъ штифта легко заключить, что кажущееся вращеніе плоскости качаній маятника происходитъ съ востока черезъ югъ на западъ.

\* Для той же цѣли можно на полу подъ маятникомъ насыпать песку, на которомъ остріе маятника будетъ чертить линіи. По истеченіи короткаго промежутка времени наблюдатель убѣждается въ томъ, что маятникъ вычерчиваетъ на пескѣ постоянно все новыя и новыя линіи. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены нѣкоторые результаты наблюденій подъ кажущимся отклоненіемъ плоскости качаній маятника.

Мѣсто наблюденія.	Широта.	Отклоненіе
Кельвъ . . . . .	50,9° сѣв.	11,8°
Римъ . . . . .	41,9° сѣв.	9,9°
Цейлонъ . . . . .	6,9° сѣв. *	1,8°
Ріо-Жанейро . .	22,9° южн.	5,2°

Въ первомъ столбцѣ дано названіе мѣста наблюденія, во второмъ его географическая широта, въ третьемъ отклоненіе плоскости качаній въ теченіе часа. Пользуясь приведенной раньше табличкой, читатель легко можетъ убѣдиться, что наблюдаемыя отклоненія вполнѣ удовлетворительно согласуются съ теоретическими. \*

Самъ Фуко, между прочимъ, демонстрировалъ свой опытъ въ залѣ Парижской обсерваторіи съ маятникомъ, длина котораго равнялась 11 метрамъ. Въ этомъ опытѣ уже послѣ двухъ размаховъ можно было замѣтить отклоненіе плоскости качаній. Слѣдуетъ замѣтить, что отклоненіе плоскости качаній маятника наблюдалось два раза раньше Фуко, именно въ 1661 году и въ 1782 году, но на это явленіе не было обращено надлежащаго вниманія.

§ 18. **Слѣдствія вращенія земли; перемѣна въ счетѣ чисель.** Вѣдѣтвие вращенія земли около оси солнца видимымъ образомъ совершается около нея въ теченіе сутокъ полный оборотъ съ востока на западъ. При этомъ движеніи оно сначала вступаетъ на меридіанъ мѣста, лежащаго къ востоку отъ какого-нибудь опредѣленнаго пункта на земной поверхности, а затѣмъ на меридіанъ мѣста, лежащаго къ западу. Вѣдѣтвие этого, если мы условимся считать началомъ сутокъ во всѣхъ мѣстахъ земнаго шара полночь, т. е. моментъ нижней кульминаціи солнца (Введ., § 9), то сутки будутъ начинаться не въ одинъ и тотъ же моментъ на всей землѣ. Чѣмъ дальше къ востоку отъ какого-нибудь пункта лежитъ мѣсто, тѣмъ раньше въ немъ начинается день. Наоборотъ, въ мѣстахъ, все болѣе и болѣе удаленныхъ къ западу, день начинается все позже и позже. При небольшихъ перемѣнахъ по поверхности земнаго шара это явленіе почти совсѣмъ незамѣтно и не имѣетъ никакого значенія; при далекихъ же путешествіяхъ оно сразу бросается въ глаза, а при кругосвѣтныхъ плаваніяхъ приводитъ къ такимъ послѣдствіямъ, которыя съ перваго взгляда кажутся совершенно невѣроятными.

Такъ какъ земля вращается около оси равномерно и въ теченіе сутокъ поворачивается на полные 360°, то, очевидно, въ мѣстѣ, лежащемъ по долготѣ на 15° (1/24 часть 360°) къ востоку отъ опредѣленнаго пункта, день начинается на 1 часъ раньше, чѣмъ въ этомъ пунктѣ; въ мѣстѣ, лежащемъ на 30° къ востоку, на 2 часа раньше и т. д. Если мы предпримемъ путешествіе къ востоку и условимся постоянно устанавливать свои часы по мѣстному времени, то, перемѣстившись по поверхности земли на 15° по долготѣ, мы должны будемъ передвинуть стрѣлку часовъ на 1 часъ впередъ перемѣстившись еще на 15°, мы должны передвинуть стрѣлку еще на 1 часъ впередъ и т. д. Совершивъ круго-



свѣтное путешествіе и возвратившись въ тотъ пунктъ, изъ котораго мы выѣхали, мы такимъ образомъ переставимъ стрѣлки часовъ впередъ на 24 часа, т. е. на цѣлыя сутки. Отсюда ясно, что наши кругосвѣтные мореплаватели при своемъ путешествіи на востокъ должны видѣть какъ восходъ, такъ и заходъ солнца однимъ разомъ больше, чѣмъ жителей той страны, изъ которой они выѣхали, и, какъ бы странно это ни звучало, мы, сообразно съ нашими понятіями, говоримъ, что кругосвѣтные мореплаватели по своемъ возвращеніи въ мѣсто отправленія, прожили однимъ днемъ больше, чѣмъ жителей этого посѣлѣнія. Обратнo, мореплаватель, совершающій кругосвѣтное путешествіе въ направленіи съ востока на западъ, переставляя постепенно стрѣлки своихъ часовъ, къ концу путешествія передвигаетъ ихъ назадъ на цѣлыхъ 24 часа и такимъ образомъ теряетъ одинъ день въ своей жизни.

Объ этомъ явленіи люди впервые совершенно неожиданно для себя узнали тогда, когда было окончено первое кругосвѣтное путешествіе спутники Магеллана, погибшаго во время путешествія, двигаясь постоянно въ направленіи съ востока на западъ и вернувшись подъ предводительствомъ дель-Кано въ мѣсто своего отправленія, къ не малому изумленію своему замѣтили, что они отстали отъ жителей своей родины въ счетѣ дней на цѣлыя сутки. Несмотря на энергичные протесты путешественниковъ, ихъ соотечественники упрекали ихъ въ безпримѣрно небрежномъ веденіи счета чиселъ во время плаванія на кораблѣ, такъ какъ иначе этого явленія въ то время объяснить не могли. Во всякомъ случаѣ неопровержимый фактъ потери цѣлыхъ сутокъ былъ на лицо: и такъ какъ, вѣдѣствіе этого, путешественники во время плаванія праздновали великіе праздники и соблюдали посты, очевидно, не въ надлежащіе дни, то, сообразно съ духомъ того времени, они до тѣхъ поръ чувствовали угрызенія совѣсти, пока, наконецъ, по совѣту друзей, не принесли публичнаго покаянія въ Севильскомъ соборѣ.

Положимъ далѣе, что два путешественника одновременно выѣзжаютъ изъ одного и того же мѣста, и одинъ изъ нихъ двигается постоянно на востокъ, а другой на западъ. Когда они встрѣтятся, то первый, очевидно, опередитъ второго въ счетѣ чиселъ на одинъ день: слѣдовательно, если первый считаетъ день встрѣчи, напримѣръ, воскресеньемъ, то для второго тотъ же день долженъ быть только субботой. Это явленіе есть также слѣдствіе вращенія земли. Такъ напримѣръ, испанцы, отправившись въ плаваніе на западъ, достигли Филиппинскихъ острововъ. Совѣдніе же Молуккскіе острова, наоборотъ, были открыты португальцами во время ихъ путешествія на востокъ. Поэтому жители этихъ рядомъ лежащихъ острововъ въ теченіе болѣе чѣмъ 300 лѣтъ расходились въ счетѣ чиселъ на одинъ день. Такое ненормальное явленіе было устранено только въ концѣ 1844 года благодаря предвѣданію тогдашняго генералъ-губернатора Филиппинскихъ острововъ, который приказалъ вѣдѣть за 30 декабря 1844 г. считать непосредственно 1 января 1845 года. Такимъ образомъ счетъ чиселъ на Филиппинскихъ островахъ былъ приведенъ въ согласіе со счетомъ въ другихъ странахъ, лежащихъ приблизительно подъ той же долготой (Введ., § 12).

Точно также полуостровъ Аляска былъ открытъ русскими при ихъ движеніи съ запада на востокъ; американцы же впервые достигли этого полуострова, двигаясь въ обратномъ направленіи. Поэтому жители Аляски расходились въ счетѣ дней съ остальными жителями Америки. Въ 1841 году, когда полуостровъ Аляска перешелъ во владѣніе Соединенныхъ Штатовъ, его жителямъ было предписано отпраздновать одно воскресенье два раза подъ рядъ, чтобы уничтожить такимъ образомъ разногласіе въ счетѣ дней. Въ настоящее время за границею, гдѣ мѣняется счетъ чиселъ, принять Беринговъ проливъ, отдѣляющій Старый Свѣтъ отъ Новаго.

## ГЛАВА III.

## Годовое движеніе земли.

§ 19. Явленія, на основаніи которыхъ можетъ быть замѣчено годовое движеніе солнца. Выше мы видѣли, что небесная сфера со всеми находящимися на ней звѣздами совершаетъ кажущееся суточное вращеніе съ востока на западъ и что это явленіе объясняется вращеніемъ, съ тою же скоростью, земли около ея оси въ противоположномъ направленіи, т. е. съ запада на востокъ, при неподвижности окружающаго землю неба съ его свѣтилами. Однако если мы станемъ внимательнѣе слѣдить за свѣтилами, то скоро убѣдимся въ томъ, что нѣкоторыя изъ нихъ представляютъ замѣчательное исключеніе среди другихъ. Огромное большинство звѣздъ къ концу каждаго дня приходитъ на то-же самое мѣсто небеснаго свода, гдѣ мы ихъ видѣли въ концѣ предыдущаго дня; вмѣстѣ съ тѣмъ и относительное расположеніе ихъ съ теченіемъ времени не мѣняется, такъ что, напр., звѣзды, которыя въ данный моментъ лежатъ на одной прямой линіи или составляютъ треугольникъ или какую-нибудь другую фигуру, постоянно сохраняютъ такую группировку. Но среди этихъ безчисленныхъ звѣздъ, не мѣняющихъ своего относительнаго расположенія на небесномъ сводѣ и потому называемыхъ неподвижными, есть нѣсколько такихъ, къ которымъ это названіе не подходитъ, такъ какъ онѣ постоянно перемѣщаются по небу отъ одной неподвижной звѣзды къ другой съ различными скоростями и по различнымъ направленіямъ. Такія звѣзды называются блуждающими звѣздами или планетами (πλανήτων блуждаю). Къ числу такихъ свѣтилъ относится, напримѣръ, луна. Если мы будемъ внимательнѣе слѣдить за ней въ теченіе нѣсколькихъ слѣдующихъ дней за другимъ ночей, то мы замѣтимъ, что она съ удивительною правильностью перемѣщается по небу среди неподвижныхъ звѣздъ съ запада на востокъ. Звѣзды, около которыхъ мы видѣли луну, напр., вчера въ полночь, сегодня къ то-же самое время отстоятъ отъ нея къ западу приблизительно на  $13^\circ$ . При своемъ движеніи съ запада на востокъ полный путь на усѣянномъ звѣздами небѣ луна совершаетъ почти въ  $27\frac{1}{4}$  дней. Подобное же, хотя и менѣе правильное движеніе на небесной сферѣ совершаютъ еще нѣкоторыя другія тѣла, съ которыми мы познакомимся впоследствии.

Да и самое солнце принадлежитъ къ этимъ блуждающимъ звѣздамъ, такъ какъ оно каждый день мѣняетъ свое положеніе относительно неподвижныхъ звѣздъ. Впрочемъ, чтобы распознать это движеніе солнца, требуется нѣсколько больше вниманія и размышленія. отъ него во все стороны распространяется такой яркій свѣтъ, что звѣзды, т. е. тѣ неподвижныя точки, относительно которыхъ мы можемъ опредѣлять положеніе солнца на небѣ, дѣлаются совершенно невидимыми. Однако намъ должно броситься въ глаза, что, хотя звѣзды и не измѣняютъ своего относительнаго положенія, тѣмъ не менѣе въ различныя времена года мы видимъ на небѣ не оди и тѣ-же звѣзды. Такъ, напр., весьма извѣстное созвѣздіе Ориона въ серединѣ декабря въ полночь занимаетъ наивысшее положеніе на небесной сферѣ, иначе говоря, проходитъ черезъ меридианъ (Введ., § 7) Спустя двѣ недѣли, т. е. въ началѣ января, мы видимъ его въ меридианѣ уже гораздо раньше, именно въ  $11^h$  вечера, 1 февраля—около  $9^h$ , 1 марта уже въ  $7^h$  и т. д. Такимъ образомъ, это созвѣздіе къ концу каждаго мѣсяца передвигается на  $30^\circ$  къ западу отъ того мѣста небесной сферы, которое оно занимало въ началѣ мѣсяца. Въ серединѣ марта это созвѣздіе на столько перемѣщается къ западу, что три звѣзды, занимающія среднюю часть его и извѣстныя подъ названіемъ Псоха Іакова, около полуночи заходятъ. Очень многими извѣстна прекрасная звѣзда Альдебаранъ, самая яркая въ группѣ звѣздъ, называемой Плеадами и находящейся въ созвѣздіи Тельца. Въ серединѣ мая мы видимъ эту звѣзду вскорѣ послѣ захода солнца на западной сторонѣ неба; она заходитъ приблизительно черезъ часъ послѣ солнца. Въ концѣ этого мѣсяца мы ее совсѣмъ больше не видимъ; только въ концѣ іюня она снова появляется, но уже на во-

сточной сторонѣ и лишь на короткое время передъ восходомъ солнца. Съ каждымъ слѣдующимъ днемъ Альдебаранъ восходитъ все раньше и раньше, и мы можемъ все дольше и дольше любоваться имъ въ теченіе послѣднихъ часовъ ночи до восхода солнца; продолжая восходить все раньше и раньше, онъ, въ концѣ концовъ, совсѣмъ перестаетъ быть видимымъ, вслѣдствіе того, что находится надъ горизонтомъ наблюдателя днемъ.

Такъ какъ вышеописанныя явленія черезъ нѣкоторый промежутокъ времени повторяются въ томъ-же порядкѣ, то мы съ полнымъ правомъ заключаемъ, что и солнце, совершивъ въ этотъ промежутокъ полный оборотъ около земли, снова занимаетъ тѣ-же самыя положенія на небѣ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Время оборота солнца около земли называется, какъ извѣстно, годомъ. Древніе на основаніи подобныхъ наблюденій замѣтили, что продолжительность года составляетъ приблизительно  $365\frac{1}{4}$  дней. Яенѣ всего движеніе солнца мы замѣтимъ по тѣмъ звѣздамъ, которыя въ полночь въ различныя времена года проходятъ черезъ меридіанъ наблюдателя (Введ., § 7). Въ началѣ весны, около полуночи, проходитъ черезъ меридіанъ созвѣздія Льва и Дѣвы; въ первыя лѣтнія ночи, въ серединѣ юня,—созвѣздіе Геркулеса и двѣ прекрасныя звѣзды: Вега въ созвѣздіи Лиры и Атаиръ въ созвѣздіи Орла; въ началѣ осени—созвѣздія Пегаса, Кассіопеи и Андромеды; наконецъ, въ началѣ зимы, иначе говоря, въ концѣ года,—созвѣздіе Тельца съ Плеядами и упомянутыми выше Гадами, самая яркая изъ неподвижныхъ звѣздъ Сиріусъ и самое красивое изъ всѣхъ созвѣздій Орионъ. Всѣ эти въ разныя времена года кульминирующія (Введ. § 16) около полуночи и, слѣдовательно, прямо противоположныя солнцу созвѣздія расположены на небесной сферѣ одно за другимъ въ направленіи съ запада на востокъ въ томъ самомъ порядкѣ, въ какомъ они перечислены выше. Поэтому также и солнце должно, очевидно, само, въ своемъ годовомъ движеніи, перемѣщаться среди неподвижныхъ звѣздъ въ томъ-же самомъ направленіи съ запада на востокъ.

Впрочемъ, всѣ эти явленія могутъ быть объяснены также общимъ движеніемъ всей небесной сферы съ ея безчисленными звѣздами съ востока на западъ. Но заставляя мысленно всю вселенную двигаться около одной точки, которую мы безъ всякаго сколько-нибудь достаточнаго основанія хотимъ считать неподвижной, мы въ концѣ концовъ дойдемъ до удивительныхъ противорѣчій и нелѣпостей, совершенно подобно тому, какъ при объясненіи вращенія земли въ предыдущей главѣ. Поэтому, для объясненія вышеупомянутыхъ явленій, мы должны допустить движеніе солнца съ запада на востокъ, тѣмъ болѣе, что и луна и остальные планеты перемѣщаются на небѣ среди неподвижныхъ звѣздъ, хотя и съ другими скоростями и по другимъ направленіямъ. Такимъ образомъ, согласно съ нашими наблюденіями и согласно съ заключеніями, основанными на этихъ наблюденіяхъ, мы принуждены принять, что солнце имѣетъ собственное движеніе съ запада на востокъ и что оно совершаетъ свой путь около земли въ теченіе года и, слѣдовательно, перемѣщается по этому пути ежедневно къ востоку неяного мѣста, чѣмъ на одинъ градусъ (точнѣе на  $0,986''$ ).

§ 20. **Путь солнца наклоненъ къ экватору.** Если бы путь солнца лежалъ въ плоскости экватора или въ плоскости, ей параллельной, то въ любомъ мѣстѣ земного шара, и примѣръ въ Виль, солнце восходило и заходило бы постоянно въ однихъ и тѣхъ же точкахъ горизонта, подобно тому, какъ это мы замѣчаемъ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Напримѣръ, если бы солнце опишало небесную параллель, по которой движется Альдебаранъ при своемъ суточномъ движеніи, то оно бы восходило и заходило каждый день въ тѣхъ же самыхъ точкахъ горизонта, въ которыхъ восходить и заходить эта звѣзда. Очевидно, продолжительность дня, т. е. промежутокъ времени, въ теченіе котораго солнце находится надъ горизонтомъ, была бы въ такомъ случаѣ одинакова продолженіе всего года. Однако, это находится въ прямомъ противорѣчій съ нашими наблюденіями. Мы очень хорошо знаемъ, что продолжительность дня весьма различна. Такъ напр., для Виль самый короткій день, зимой, равенъ  $8\frac{1}{2}$ ,  $10^m$ , а самый длинный

лѣтомъ,  $16^{\circ} 6^m$ . Наблюденія показываютъ также, что лѣтомъ солнце восходитъ и заходитъ гораздо ближе къ точкѣ сѣвера, чѣмъ зимой. Крайняя точка восхода солнца зимой отъ крайней точки восхода лѣтомъ отстоитъ по окружности горизонта въ среднихъ широтахъ на  $73^{\circ}$ . Тоже самое относится и къ точкамъ захода солнца зимой и лѣтомъ. Всякій также знаетъ, что лѣтомъ солнце въ полдень находится выше надъ горизонтомъ, чѣмъ зимою. Всѣ эти явленія бросаются въ глаза внимательному наблюдателю и должны навести его на мысль, что солнце, при своемъ движеніи съ запада на востокъ среди неподвижныхъ звѣздъ, переходитъ также отъ одной параллели къ другой, иначе говоря, что путь солнца, такъ называемая эклиптика, наклоненъ къ экватору подъ нѣкоторымъ угломъ.

§ 21. **Опредѣленіе положенія пути солнца относительно экватора.** Какъ великъ уголъ, который путь солнца составляетъ съ экваторомъ, или, другими словами, какое положеніе на небесной сферѣ занимаетъ путь солнца, и мимо какихъ звѣздъ проходитъ солнце при своемъ годовомъ движеніи около земли?

Этихъ звѣздъ мы не можемъ видѣть, пока солнце находится вблизи ихъ; за то мы прекрасно можемъ наблюдать ихъ тогда, когда онѣ находятся въ прямо противоположныхъ солнцу точкахъ небесной сферы. Мы уже знаемъ, что солнце совершаетъ свой круговой путь около земли въ теченіе года, равнаго  $365^d.4$  днямъ. На основаніи этого мы можемъ заключить, что черезъ полгода отъ настоящаго момента солнце будетъ занимать на небесной сферѣ точку, прямо противоположную той, въ которой оно находится сегодня. Другими словами, точка небесной сферы, въ которой полгода назадъ находилось солнце въ полдень, въ настоящее время должна занимать то-же самое положеніе относительно горизонта наблюдателя въ полночь. Положимъ, напр., что въ самый короткій день года мы измѣрили полуденную высоту солнца, которая такимъ образомъ опредѣляетъ одну изъ точекъ описываемаго солнцемъ пути. Ровно черезъ полгода та-же самая точка солнечнаго пути должна находиться на той-же высотѣ надъ горизонтомъ уже въ полночь и можетъ быть легко замѣчена по тѣмъ звѣздамъ, которыя лежатъ вблизи нея. Производя постоянно подобныя наблюденія, мы можемъ опредѣлить не только всѣ звѣзды, мимо которыхъ проходитъ солнце при своемъ годовомъ движеніи, но также и моменты, когда оно къ этимъ звѣздамъ приближается.

Первое опредѣленіе пути, описываемаго солнцемъ среди неподвижныхъ звѣздъ, по всей вѣроятности, и было сдѣлано при помощи подобныхъ наблюденій. Однако, этого рода наблюденія нельзя назвать ни достаточно удобными, ни достаточно точными, потому что солнце движется по своему пути, какъ мы впоследствии увидимъ, неравномерно — то скорѣе, то медленнѣе, вслѣдствіе чего въ два момента, отдѣленные одинъ отъ другого промежуткомъ, равнымъ полугоду, оно не занимаетъ въ точности прямо противоположныхъ точекъ своего пути. Впрочемъ, отъ утомительныхъ постоянныхъ наблюденій солнца, съ цѣлью опредѣленія описываемаго имъ на небѣ пути, можно избавиться, такъ какъ, для приближеннаго опредѣленія положенія эклиптики, т. е. пути, описываемаго солнцемъ на небесной сферѣ среди неподвижныхъ звѣздъ, достаточно пронаблюдать солнце только два раза въ году, именно въ самый длинный и въ самый короткій дни.

Въ срединѣ марта и въ срединѣ сентября, какъ извѣстно, на всей землѣ день равенъ ночи. Слѣдовательно, въ эти дни, при суточномъ вращеніи небесной сферы, солнце движется по небесному экватору, такъ какъ только для этого послѣдняго равны между собою видимая и невидимая части для всякаго горизонта (Введ., § 15). Замѣтимъ, что видимая и невидимая части параллели, описываемой солнцемъ, называются также соответственно дневной и ночной дугами ея. Такъ какъ солнце, двигаясь вслѣдствіе суточного вращенія небесной сферы по экватору, въ то-же время должно оставаться и на эклиптикѣ, то, очевидно, во время равноденствій оно находится въ гѣхъ точкахъ эклиптики, гдѣ эта послѣдняя пересѣкается съ экваторомъ. Мы знаемъ, что

экваторъ пересекается съ горизонтомъ въ двухъ точкахъ, которыя находятся на равныхъ расстояніяхъ отъ точекъ юга и сѣвера и называются точками востока и запада (Введ., § 7). Вообще понятно, что, если мы во время равноденствія пронаблюдаемъ восходъ и закатъ солнца, то мы гдѣ самымъ опредѣлимъ на горизонтѣ положеніе точекъ востока и запада. Если мы въ тотъ же день замѣлимъ положеніе солнца на небѣ въ полдень, то, соединивъ мысленно дугами большого круга точку, занимаемую солнцемъ въ полдень, съ точками востока и запада, мы получимъ вѣрное представленіе о положеніи экватора на небесной сферѣ.

Подобнымъ же образомъ мы можемъ опредѣлить положеніе эклиптики на небесной сферѣ; только для этого необходимо наблюдать солнце не во время равноденствій, а во время солнцестояній, т. е. въ самый длинный и въ самый короткій дни года. Мы уже видѣли, что во время равноденствій солнце находится на экваторѣ и восходитъ и заходитъ въ двухъ прямо противоположныхъ точкахъ горизонта—въ точкахъ востока и запада. Точки экватора, въ которыхъ во время равноденствій находится солнце, должны лежать также и на годовомъ пути солнца около земли. А такъ какъ эти двѣ точки прямо противоположны одна другой, то солнечный путь, очевидно, дѣлитъ экваторъ на двѣ равныя части и, вѣдствие этого, самъ есть большой кругъ небесной сферы (Введ., § 2). Эти точки, общія какъ эклиптикѣ, такъ и экватору, называются равноденственными точками. Та изъ нихъ, въ которой солнце бываетъ въ началѣ весны, около 21 марта по новому стилю, носитъ названіе точки весенняго равноденствія; другая, въ которой солнце бываетъ въ началѣ осени, около 22 сентября по новому стилю, точкой осенняго равноденствія (Введ., § 10). Во время же солнцестояній, т. е. за четверть года до и черезъ столько же времени послѣ равноденствій, солнце находится какъ разъ посрединѣ между точками весенняго и осенняго равноденствія, иначе говоря, отстоитъ на  $90^\circ$  отъ каждой изъ нихъ. Замѣлимъ положеніе солнца или, точнѣе его центра на небесной сферѣ въ полдень во время солнцестояній, т. е. въ самый длинный или самый короткій дни. Три точки, именно центръ солнца на югѣ и уже извѣстныя намъ точки востока и запада, съ которыми во время солнцестояній въ полдень совпадаютъ равноденственные точки, лежатъ въ плоскости эклиптики. Плоскость, проведенная черезъ эти три точки, при продолженіи своемъ до встрѣчи съ небесной сферой и опредѣлитъ окружность большого круга, по которой солнце совершаетъ свое годовое движеніе, и которая называется эклиптикой. Двѣ точки эклиптики, наиболѣе удаленныя отъ экватора, называются точками солнцестояній; та изъ нихъ, въ которой солнце бываетъ около 21 іюня, носитъ названіе точки лѣтняго солнцестоянія; другая, гдѣ солнце бываетъ 22 декабря, точки зимняго солнцестоянія.

Наблюдя полуденныя высоты солнца при помощи простаго инструмента, называемаго гвандрантомъ (Введ., § 19), можно опредѣлить наклонность экватора къ эклиптикѣ. Выше уже было объяснено, какъ изъ меридиональной высоты сѣвѣла выводится его склоненіе, если извѣстна высота экватора надъ горизонтомъ (Введ., § 22). Поэтому, если мы измѣримъ полуденную высоту солнца во время лѣтняго солнцестоянія, когда солнце наиболѣе удалено къ сѣверу отъ экватора, мы тотчасъ же получимъ наибольшее сѣверное склоненіе его. Но во время солнцестояній солнце отстоитъ на  $90^\circ$  отъ обѣихъ равноденственныхъ точекъ. Поэтому дуга меридиана, заключенная между эклиптикой и экваторомъ и равная склоненію солнца, выражаетъ собою уголъ, составляемый плоскостями эклиптики и экватора (Введ., § 3), или такъ называемую наклонность эклиптики (Введ., § 11). Слѣдовательно, если во время солнцестоянія мы пронаблюдаемъ высоту солнца въ меридианѣ, то, вычитая изъ нея высоту экватора (Введ., § 22), мы и получимъ некую наклонность эклиптики. Такъ, напр., на обсерваторіи въ Вѣнѣ были опредѣлены слѣдующія полуденныя высоты центра солнца:

19 июня . . . . .	65°12,9'
20 » . . . . .	65°13,4'
21 » . . . . .	65°13,3'
22 » . . . . .	65°13,0'

Мы видимъ, что наибольшую высоту солнце имѣло 21 июня. Вычитая изъ этой высоты высоту экватора надъ горизонтомъ Вены, равную 41°46,1', получаемъ наклонность эклиптики 23°27,3'. При этомъ вычисленіи мы предполагали, что моментъ солнцестоянія въ точности совпалъ съ полуднемъ. На самомъ же дѣлѣ онъ можетъ или предшествовать полудню, или слѣдовать за нимъ. Но около времени солнцестоянія, какъ видно изъ предыдущаго примѣра, склоненіе солнца измѣняется весьма незначительно, и потому наибольшая изъ полуденныхъ высота солнца въ первомъ приближеніи можетъ быть принята безъ всякой ощутительной погрѣшности за высоту, соответствующую моменту солнцестоянія.

Въ предыдущемъ мы опредѣлили положеніе равноденственныхъ точекъ и наклонность эклиптики: легко понять, что этимъ вполне опредѣляется положеніе эклиптики относительно экватора.

§ 22. Одновременное опредѣленіе наклонности эклиптики и высоты полюса.

Мы только что видѣли, что, наблюдая солнце во время лѣтняго солнцестоянія, мы можемъ опредѣлить наклонность эклиптики, если высота полюса надъ горизонтомъ мѣста наблюденія извѣстна. Высота же полюса, какъ мы видѣли раньше (Введ., § 20), опредѣляется изъ наблюденій какой-нибудь околополярной звѣзды въ двухъ кульминаціяхъ. Но, не прибѣгая къ наблюденіямъ околополярной звѣзды, можно опредѣлить какъ наклонность эклиптики, такъ и высоту полюса, если мы будемъ наблюдать солнце не только во время лѣтняго солнцестоянія, но также и черезъ полгода во время зимняго солнцестоянія. Эклиптика и экваторъ, какъ большіе круги небесной сферы (Введ. § 2), въ точкахъ пересѣченія взаимно дѣлятся на двѣ равныя части.

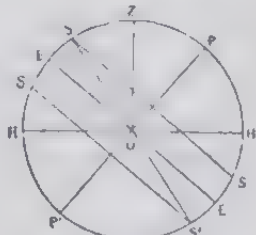


Рис. 22.

Поэтому, не только равноденственныя точки, но также и точки солнцестояній прямо противоположны одна другой, и, кромѣ того, сѣверная половина эклиптики настолько же выше плоскости экватора, насколько южная ниже, такъ что экваторъ лежитъ какъ разъ посредишь между крайними параллелями, проходящими черезъ точки солнцестояній. Это ясно усматривается изъ рисунка 22, на которомъ *HH* изображаетъ горизонтъ, *EE* — экваторъ, *SS'* — эклиптику, *SS* и *S'S'* — параллели, проходящія черезъ точки солнцестояній *S* и *S'*. Положимъ, что мы пронаблюдали высоты солнца *HS* и *HS'* во время лѣтняго и зимняго солнцестояній. Полуразность этихъ высотъ  $\frac{SS'}{2}$  или *SE* равна наклонности эклиптики, которая такимъ образомъ можетъ быть найдена,

если даже неизвѣстна высота полюса. Полу сумма же этихъ высотъ

$$\frac{HS' + HS}{2} = \frac{HE - S'E + HE + SE}{2} = HE$$

равна высотѣ экватора надъ горизонтомъ. Вычитая высоту экватора изъ 90°, получаемъ высоту полюса въ мѣстѣ наблюденія (Введ., § 13). Такъ, въ Вѣнѣ во время солнцестоянія были найдены слѣдующія высоты солнца:

21 июня . . . . .	65°13,4'
21 декабря . . . . .	18°18,8'

Полуразность этихъ чиселъ 23°27,3' даетъ наклонность эклиптики; полу сумма же 41°46,1' равна высотѣ экватора надъ горизонтомъ Вены. Слѣдовательно высота полюса въ Вѣнѣ составляетъ 48°13,9'.

§ 23. **Гномонъ.** Выше былъ описанъ весьма простой инструментъ, служащій для измѣренія высотъ звѣздъ и называемый квадрантомъ (Введ., § 19). Но древнѣе астрономы до-вольствовались гораздо болѣе простыми инструментами. А такъ какъ они наблюдали преимущественно солнце, то и старались соответственно съ этимъ и приспособить инструменты.

Древнѣйшій и простѣйшій изъ этихъ инструментовъ былъ гномонъ. Гномонемъ называютъ прямолинейный стержень, установленный перпендикулярно къ горизонтальной плоскости. Гномонъ, освѣщенный солнцемъ, отбрасываетъ на горизонтальную плоскость тѣнь, по длинѣ которой можно судить о высотѣ солнца. Чтобы лучше понять это, обратимся къ

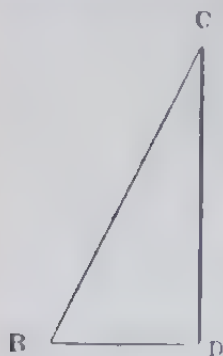


Рис. 23

рис. 23. Положимъ, что высота  $CD$  вертикальнаго стержня равна 10 метрамъ, а длина  $DB$ —горизонтальной тѣни 5-ти метрамъ. Соединимъ точки  $C$  и  $B$  прямой линіей  $CB$ . Тогда получается прямолинейный треугольникъ  $BCD$ , прямоугольный при  $D$ . Уголъ  $B$  этого треугольничка равенъ высотѣ солнца, такъ какъ глазъ въ  $B$  долженъ видѣть солнце въ направленіи  $BC$  и, слѣдовательно, на высотѣ  $DBC$  надъ горизонтальной линіей  $BD$ . Такимъ образомъ дѣло сводится къ опредѣленію угла  $B$  въ треугольникѣ  $BCD$ .

Рѣшеніемъ подобныхъ задачъ занимается прямолинейная тригонометрія. По правиламъ последней, зная три элемента треугольничка, мы можемъ найти остальные три. Въ нашемъ случаѣ даны двѣ стороны  $BD$  и  $CD$  и прямой уголъ, заключенный между этими сторонами, по этимъ даннымъ требуется найти уголъ  $B$ , противолежащій одной изъ данныхъ сторонъ. Такъ какъ изложеніе методовъ тригонометрии не входитъ въ нашу задачу, то мы изложимъ здѣсь другой, болѣе простой, хотя и менѣе точный способъ рѣшенія прямолинейныхъ треугольничковъ.

Легко видѣть, что во всякомъ другомъ прямоугольномъ треугольничкѣ меньшихъ размѣровъ некомпъ уголъ будетъ имѣть ту-же самую величину, т. е. будетъ заключать то-же самое число градусовъ, если только отношеніе данныхъ сторонъ  $CD$  и  $BD$  въ маленькомъ треугольничкѣ будетъ такое-же, какъ и въ большемъ. Въ треугольничкѣ, о которомъ рѣчь шла выше, это отношеніе равно  $\frac{10}{5} = 2$ . Начертимъ на бумагѣ двѣ прямыя линіи, пере-

сѣкающіяся въ точкѣ  $d$  подъ прямымъ угломъ (рис. 24). При помощи масштаба отложимъ отъ точки  $d$  на одной изъ этихъ линій длину  $dc$ , равную, напр., 2 сантиметрамъ, а на другой длину  $db$ , равную 1 сантиметру. Соединивъ точки  $c$  и  $b$  прямой линіей  $bc$ , получимъ маленькій треугольничекъ  $bcd$ , вполне подобный большому треугольничку  $BCD$ : углы одного треугольничка равны угламъ другого, и стороны одного пропорціональны сторонамъ другого. Уголъ при  $b$  въ треугольничкѣ  $bcd$  мы можемъ измѣрить при помощи транспортира. Такимъ образомъ мы найдемъ, что уголъ при  $b$  равенъ  $63^{\circ}26'$ . Столько же градусовъ заключается, слѣдовательно, и въ углѣ  $(BD)$  большого треугольничка.

Рис. 24.

Въ § 39 выведены простѣйшія тригонометрическія формулы. На основаніи сказаннаго въ этомъ параграфѣ мы изъ треугольничка  $bcd$  находимъ:

$$\operatorname{tang} B = \frac{CD}{BD} = \frac{30}{15} = 2.$$

Опредѣливъ по тригонометрическимъ таблицамъ уголъ, тангенсъ котораго равенъ 2, получаемъ для него величину  $63^{\circ}26'6''$ . \*

Для примѣра приведемъ одно изъ древнѣйшихъ дошедшихъ до насъ астрономическихъ наблюденій—извѣстіе Гобилья, который въ серединѣ XVIII столѣтія отправился миссіонеромъ въ Китай, описавъ въ древнихъ китайскихъ рукописяхъ, что императоръ Чу-Ковгъ

за 1100 лѣтъ до начала христіанскаго лѣтосчисленія, слѣдовательно, во времена царствованія Бодрѣ въ Асинахъ и Давида въ Іудеѣ, опредѣлялъ, при помощи гномона, высоты солнца во время лѣтняго и зимняго солнцестояній. Мѣстомъ наблюденія былъ городъ Ло-Янгъ, нынѣ называемый Гонанъ-Фу и находящійся въ провинціи Гонанъ. Высота гномона равнялась 8 китайскимъ футамъ; длина же тѣни, по введеніи поправокъ на радіусъ солнца и на рефракцію (см. гл. XI), была равна 1.54 китайскимъ футамъ для лѣтняго солнцестоянія и 13,12 футамъ для зимняго. Не зная дѣйствительной величины китайскаго фута, мы, тѣмъ не менѣе, по способу, изложенному выше, находимъ слѣдующія высоты солнца: для лѣтняго солнцестоянія  $79^{\circ}6'$  и для зимняго  $31^{\circ}22'$ .

Полуразность этихъ чиселъ (§ 22), равная  $23^{\circ}52'$ , даетъ наклонность эклиптики; полусумма же  $55^{\circ}14'$  равна высотѣ экватора. Слѣдовательно, высота полуса для Гонанъ-Фу равна  $90^{\circ} - 55^{\circ}14' = 34^{\circ}46'$ .

Второе, также весьма древнее опредѣленіе наклонности эклиптики было сдѣлано грекомъ Питеасомъ, пользовавшимся у древнихъ большимъ почетомъ за его астрономическія познанія и за большія путешествія, которыя онъ предпринималъ съ цѣлью расширенія географическихъ знаній. Въ 350 году до Рождества Христова онъ нашелъ, что въ Марсели, во время лѣтняго солнцестоянія, въ полдень, высота гномона относилась къ длинѣ тѣни какъ 600 къ 209. Отсюда слѣдуетъ, что высота солнца равнялась  $70^{\circ}48'$ . Но такъ какъ наблюдался верхній край солнца, а радіусъ солнца равенъ  $16'$ , то для высоты центра солнца мы получаемъ  $70^{\circ}32'$ . Высота экватора надъ горизонтомъ Марсели извѣстна изъ другихъ наблюденій и равна  $46^{\circ}43'$ . Вычитая это число изъ высоты солнца, находимъ, что во времена Питеаса наклонность эклиптики составляла  $23^{\circ}49'$ .

§ 24. **Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики.** Прежде сомнѣвались въ достоверности выше приведенныхъ древнихъ наблюденій, такъ какъ вычисленная на основаніи этихъ наблюденій наклонность эклиптики оказывается гораздо больше той, которая получается изъ повѣйшихъ наблюденій. Однако теперь извѣстно, что въ теченіе почти трехъ тысячелѣтій наклонность эклиптики постоянно уменьшалась. Это видно изъ слѣдующей таблички:

	Наклонность эклиптики.
Чу-Конгъ въ Китаѣ, за 1100 л. до Р. Хр. . . . .	$23^{\circ}52'$ —
Грекъ Питеасъ въ Марсели, за 350 л. до Р. Хр. . . . .	23 49 —
Арабъ Ибнъ-Юни въ Египтѣ, въ 1000 г. по Р. Хр. . . . .	23 34 26"
Кочу-Кингъ въ Китаѣ, въ 1280 г. . . . .	23 32 2
Улугъ-Бей въ Самаркандѣ, въ 1437 г. . . . .	23 31 48
Брадлей въ Англіи, въ 1750 г. . . . .	23 28 18
Въ 1850 году . . . . .	23 27 31 "

Уменьшеніе наклонности эклиптики, судя по этимъ числамъ, не всегда представляется пропорціональнымъ времени, но это слѣдуетъ приписать неточности старыхъ наблюденій. Причина уменьшенія наклонности заключается въ томъ, что, влѣдствіе дѣйствія планетъ на солнце, плоскость эклиптики, въ которой оно совершаетъ свое движеніе, приближается къ экватору въ наши времена ежегодно на  $0,474''$ , или, въ теченіе столѣтій, на  $47,4''$ . Въ 1850 году наклонность эклиптики равнялась  $23^{\circ}27'31''$ . Чтобы получить наклонность эклиптики для какого-нибудь другаго момента, отстоящаго отъ 1850 года на  $T$  лѣтъ, надо изъ числа  $23^{\circ}27'31''$  вычесть произведеніе  $0,474'' \times T$ . Если же моментъ, для котораго вычисляется наклонность эклиптики, предшествуетъ 1850 году, то упомянутое произведеніе надо прибавить къ числу  $23^{\circ}27'31''$ . Для примѣра вычислимъ наклонность эклиптики для 1100 года до Р. Хр. Въ данномъ случаѣ  $T = 1850 + 1100 = 2950$  лѣтъ. Произведеніе  $0,474'' \times T$  равно  $0^{\circ}23'19''$ . Прибавляя это произведеніе къ числу  $23^{\circ}27'31''$  находимъ, что во времена Чу-Конга наклонность эклиптики, какъ это слѣдуетъ



изъ теоріи, составляла  $23^{\circ}50'50''$ . Эта величина лишь на  $1'10''$  отличается отъ величины, полученной непосредственно изъ наблюдений. Имѣя въ виду, что древнія наблюденія не отличались большой точностью, мы должны считать эту разность весьма незначительной. Такимъ образомъ мы убѣждаемся не только въ справедливости нашей теоріи, но также и въ достовѣрности наблюдений Чу-Конга.

Но если бы наклонность эклиптики постоянно уменьшалась пропорціонально времени, то въ концѣ концовъ плоскость эклиптики совпала бы съ плоскостью экватора. Въ такомъ случаѣ солнце постоянно двигалось бы по экватору, день былъ бы равенъ ночи въ теченіе цѣлаго года на всей землѣ, и на земномъ шарѣ наступила бы вѣчная весна. Однако надежда на вѣчную весну такъ-же неосновательна, какъ и надежда на вѣчный міръ. Предположеніе, что наклонность эклиптики измѣняется пропорціонально времени, вѣрнѣе справедливо лишь для сравнительно небольшого промежутка времени. По выше изложенному способу мы получимъ совершенно точную величину наклонности эклиптики только для моментовъ, отстоящихъ не больше, чѣмъ на 50 лѣтъ, въ ту и другую сторону отъ 1850 года. Больше подробное изслѣдованіе показываетъ, что измѣненіе наклонности эклиптики не выражается членомъ, пропорціональнымъ времени; аналитическое выраженіе этого измѣненія заключаетъ только періодическіе члены, т. е. такіе, которые растутъ въ теченіе опредѣленнаго, правда, очень большого промежутка времени, а затѣмъ опять уменьшаются и, наконецъ, достигнувъ своего наименьшаго значенія, снова постепенно доходятъ до наибольшей своей величины. Собразно съ этимъ истинная величина наклонности эклиптики колеблется въ предѣлахъ отъ  $21^{\circ}$  до  $28^{\circ}$ , и плоскость эклиптики въ будущемъ никогда не совпадетъ съ плоскостью экватора; точно также въ прошедшія времена обѣ эти плоскости никогда не были и взаимно перпендикулярны. Но движеніе эклиптики происходитъ весьма медленно, и ея плоскость, подобно огромному маятнику, совершаетъ одинъ размахъ, амплитуда котораго равна  $7^{\circ}$ , въ теченіе многихъ тысячелѣтій. Поэтому въ приближенныхъ расчетахъ можно въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій считать безъ всякой ощутительной погрѣбности измѣненіе наклонности эклиптики пропорціональнымъ времени.

**§ 25. Опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ и положенія равноденственныхъ точекъ.** Выше (§ 21) мы уже дали способъ опредѣлить, по крайней мѣрѣ приближенно, положеніе равноденственныхъ точекъ, т. е. точекъ, въ которыхъ эклиптика пересѣкается съ экваторомъ. Этотъ способъ былъ основанъ на томъ, что во время солнцестояній равноденственные точки въ полдень совпадаютъ съ точками востока и запада. Но такое опредѣленіе весьма неточно, а между тѣмъ намъ необходимо знать положеніе равноденственныхъ точекъ съ возможно большею точностью, такъ какъ отъ одной изъ нихъ отсчитываются прямая восхожденія и долготы всѣхъ свѣтилъ (Введ., §§ 10, 11).

Если намъ какимъ-нибудь образомъ удастся опредѣлить на небесной сферѣ положеніе одной изъ равноденственныхъ точекъ, напр., точки весенняго равноденствія, то мы тотчасъ же будемъ знать и положеніе другой, потому что эти точки, какъ точки пересѣченія двухъ большихъ круговъ, прямо противоположны одна другой (Введ., § 2). Слѣдовательно, разность долготъ, а также разность прямыхъ восхожденій этихъ точекъ, въ точности равна  $180^{\circ}$ . Поэтому въ нижеслѣдующемъ мы изложимъ только, какимъ образомъ опредѣляется положеніе точки весенняго равноденствія.

Если бы мы знали прямое восхожденіе какой-нибудь одной изъ безчисленнаго множества неподвижныхъ звѣздъ, то мы могли бы опредѣлить также и положеніе точки весенняго равноденствія. Положимъ, напр., что намъ извѣстно прямое восхожденіе яркой звѣзды въ созвѣдїи Кассіопеи, обозначаемой греческой буквой  $\alpha$  и носящей названіе Шедира. Это прямое восхожденіе равно  $8^{\circ}25'34''$ . Въ такомъ случаѣ точка весенняго равноденствія должна находиться на экваторѣ въ разстояніи  $8^{\circ}25'34''$  отъ точки пересѣченія этого послѣдняго съ кругомъ склоненія Шедира.

Но какимъ же образомъ мы опредѣлимъ прямое восхожденіе звѣзды, если намъ неизвѣстно положеніе на небѣ точки весенняго равноденствія, отъ которой отсчитываются прямые восхожденія? Такъ какъ прямое восхожденіе звѣзды и положеніе точки весенняго равноденствія не могутъ быть опредѣлены одно безъ другого, то намъ остается только попытаться опредѣлить одновременно и то, и другое. Мы знаемъ, что въ моментъ весенняго равноденствія солнце проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія. Поэтому установимъ извѣстный намъ квадрантъ (Введ., § 19) въ плоскости меридіана и будемъ, при помощи этого инструмента, около времени весенняго равноденствія, въ теченіе нѣсколькихъ дней подрядъ, опредѣлять полуденную высоту центра солнца; вмѣстѣ съ тѣмъ будемъ замѣчать по часамъ моментъ прохожденія центра солнца черезъ меридіанъ. По вечерамъ же будемъ замѣчать по тѣмъ же часамъ время прохожденія черезъ меридіанъ какой-нибудь звѣзды. При этомъ допустимъ, что часы имѣютъ совершенно равномерный ходъ, который урегулированъ по суточному движенію звѣздъ. Другими словами, мы предполагаемъ, что между двумя послѣдовательными кульминаціями (Введ., § 17) любой звѣзды проходитъ ровно 24 часа. При такихъ предположеніяхъ промежутокъ времени между кульминаціями солнца и какой-нибудь звѣзды долженъ быть равенъ разности прямыхъ восхожденій обоихъ свѣтилъ для полудня.

Такъ какъ солнцу имѣетъ собственное движеніе, т. е. его прямое восхожденіе постоянно мѣняется, звѣзда же остается на небесной сферѣ неподвижной, то промежутокъ времени между кульминаціями солнца и звѣзды также долженъ мѣняться отъ одного полудня къ другому; но это измѣненіе почти вполнѣ пропорционально времени, потому что прямое восхожденіе солнца возрастаетъ съ теченіемъ времени почти совершенно равномерно.

Такимъ образомъ для нѣсколькихъ слѣдующихъ одинъ за другимъ дней мы будемъ имѣть рядъ разностей прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды для полудня. Въ виду правильного измѣненія этихъ разностей мы можемъ по простой пропорціи вычислить разность прямыхъ восхожденій для какого-угодно момента, отличнаго отъ полудня. Если бы намъ былъ извѣстенъ моментъ прохожденія центра солнца черезъ точку весенняго равноденствія, то мы могли бы вычислить разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды также и для этого момента. Легко понять, что эта разность должна равняться искомому прямому восхожденію звѣзды.

Такимъ образомъ рѣшеніе задачи сводится къ опредѣленію момента, когда солнцу проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія. Это опредѣленіе не представляетъ никакихъ затрудненій. Въ самомъ дѣлѣ, по условію, ежедневно, при помощи квадранта, опредѣляется также полуденная высота солнца. Зная же изъ прежнихъ наблюденій высоту экватора надъ горизонтомъ мѣста наблюденія (Введ., § 20), мы легко можемъ вычислить склоненіе солнца для каждаго полудня (Введ., § 22). Тотъ моментъ, для котораго склоненіе солнца равно нулю, очевидно, и есть моментъ прохожденія солнца черезъ точку весенняго равноденствія.

Если для какого-нибудь полудня склоненіе солнца случайно равняется нулю, то этотъ полдень въ то-же время есть моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія, и соответственная разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды равна искомому прямому восхожденію послѣдней.

Если же ни одно изъ полуденныхъ склоненій не равно нулю, то изъ ряда наблюденныхъ склоненій выбираемъ два наименьшихъ — одно сѣверное, другое южное, и, по простой пропорціи, вычисляемъ лежащій между соответственными полуднями моментъ, для котораго склоненіе солнца въ точности равно нулю. Зная же этотъ моментъ, т. е. моментъ прохожденія солнца черезъ точку весенняго равноденствія, мы, опять по простой пропорціи, вычисляемъ для него разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды. Эта разность и есть искоемое прямое восхожденіе звѣзды.

Пояснимъ все вышесказанное примѣромъ. Въ 1880 году въ Вѣнѣ были опредѣлены слѣдующія полуденныя высоты центра солнца и замѣчены по часамъ слѣдующіе моменты прохожденія черезъ меридианъ солнца и самой яркой звѣзды въ созвѣздіи Льва  $\alpha$  Leonis:

1880.	Высота солнца.	Время прохожденія черезъ меридианъ солнца.	а Leonis.
Марта 19	41°28'20''	23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 51,2 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 36,0 <sup>s</sup>
20	41 52 2	0 0 29,7	10 1 36,0
21	42 15 42	0 4 8,0	10 1 36,0

Высота экватора надъ горизонтомъ Вѣны равна 41°46'6''. Поэтому мы получимъ слѣдующія полуденныя склоненія солнца:

1880.	Склоненіе солнца
Марта 19	0°17'46'' южн.
20	0 5 56 сѣв.
21	0 29 36 сѣв.

Отсюда ясно, что моментъ весенняго равноденствія лежитъ между полуднями 19 и 20 марта. Этотъ моментъ мы вычисляемъ по такой пропорціи:

$$23^{\text{h}}42^{\text{m}} : 24^{\text{h}} = 17^{\text{h}}46^{\text{m}} : x^{\text{h}}$$

Рѣшая эту пропорцію, находимъ:  $x = 17,992^{\text{h}}$  или  $x = 17^{\text{h}}59^{\text{m}}31^{\text{s}}$ . Слѣдовательно, солнце прошло черезъ точку весенняго равноденствія 19 марта черезъ  $17^{\text{h}}59^{\text{m}}31^{\text{s}}$  послѣ своего прохожденія черезъ меридианъ. Разность прямыхъ восхожденій солнца и  $\alpha$  Leonis для соответственныхъ полудней были:

Марта 19	10 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 44,8 <sup>s</sup>
20	10 1 6,3

По простой пропорціи находимъ, что 19 марта черезъ  $17^{\text{h}}59^{\text{m}}31^{\text{s}}$  послѣ прохожденія солнца черезъ меридианъ эта разность составляла  $10^{\text{h}}2^{\text{m}}1,8^{\text{s}}$ . Слѣдовательно, прямое восхожденіе звѣзды  $\alpha$  Leonis равно  $10^{\text{h}}2^{\text{m}}1,8^{\text{s}}$ . Обращая эту величину въ градусы (Введ., § 1), получаемъ  $150^{\circ}30'27,0''$ .

Мы видимъ, что при опредѣленіи прямого восхожденія звѣзды по изложенному выше способу не только требуется хорошій инструментъ для опредѣленія высотъ и время прохожденія свѣтила черезъ меридианъ, но также необходимо точно знать высоту полюса въ мѣстѣ наблюденія. Если же высота полюса извѣстна не совсѣмъ точно, то подобныя же наблюденія слѣдуетъ повторить около времени осенняго равноденствія: на сколько въ одномъ случаѣ опредѣленное прямое восхожденіе будетъ больше истиннаго, на столько въ другомъ оно будетъ меньше. Слѣдовательно, въ среднемъ, мы получимъ истинное прямое восхожденіе звѣзды.

§ 26. Составленіе звѣздныхъ каталоговъ. Если извѣстно прямое восхожденіе какой-нибудь одной звѣзды, то мы легко можемъ опредѣлить прямые восхожденія и всѣхъ остальныхъ. Для этого будемъ въ каждую ясную ночь наблюдать звѣзду, прямое восхожденіе которой извѣстно, вмѣстѣ съ другими звѣздами. Если мы разность времени прохожденія черезъ меридианъ опредѣляемой и извѣстной звѣзды придадимъ къ прямому восхожденію послѣдней, то получимъ прямое восхожденіе первой. Опредѣливъ прямые восхожденія и склоненія (Введ., § 22) въ некоторомъ числѣ звѣздъ, составляють списокъ этихъ звѣздъ, располагая ихъ по возрастающимъ прямымъ восхожденіямъ. Такой списокъ называется звѣзднымъ каталогомъ. Положеніями звѣздъ, внесенными въ каталогъ, весьма удобно пользоваться для дальнѣйшихъ наблюденій.

§ 27. Двойное объясненіе годового движенія солнца. До сихъ поръ мы, согласно съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ, принимали, что солнце перемѣщается среди неподвижныхъ звѣздъ по небесной сферѣ, и, сообразно съ этимъ, опредѣляли путь, описываемый имъ около земли. Но и здѣсь, подобно тому, какъ при объясненіи видимаго суточного вращенія небесной сферы, весьма полезно предложить себѣ вопросъ, не приведетъ

ли насъ предположеніе о движеніи солнца къ какимъ-нибудь затрудненіямъ и нелѣпостямъ, и не обманываютъ ли насъ наши чувства также и въ этомъ случаѣ.

И въ самомъ дѣлѣ, всѣ тѣ явленія, которыя мы выше разсматривали, одинаково хорошо объясняются какъ при предположеніи, что солнце въ теченіе года совершаетъ въ плоскости эклиптики свой круговой путь около земли, покоящейся въ центрѣ этого пути, такъ и при совершенно обратномъ предположеніи, что земля въ теченіе года описываетъ въ той же самой плоскости кругъ около неподвижнаго солнца. Пока дѣло идетъ только о представленіи явленія такъ, какъ мы его видимъ, трудно сказать, на сторонѣ котораго изъ двухъ предположеній лежитъ истина, и лишь размысленіе о вѣроятности обоихъ предположеній поможетъ намъ рѣшить вопросъ.

Неподвижныя звѣзды служатъ единственными неизмѣнными точками небесной сферы, относительно которыхъ мы можемъ опредѣлять положенія солнца, луны и планетъ. Намъ кажется, что мы находимся въ серединѣ огромнаго круглаго зданія, къ своду котораго прикрѣплены звѣзды. Мы видимъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ насъ солнце, которое постоянно приближается къ звѣздамъ, лежащимъ влѣво, или къ востоку отъ него. На своемъ пути солнце скрываетъ звѣзды одну за другой въ лучахъ своего



Рис. 25.

свѣта, который распространяется отъ него во всѣ стороны. Однако тоже самое представилось бы нашимъ глазамъ, если бы это сіяющее солнце покоилось въ центрѣ вышеупомянутаго круглаго зданія, а наша земля, напротивъ того, двигалась бы около солнца въ томъ же самомъ направленіи съ запада на востокъ. И въ этомъ случаѣ намъ должно казаться, что солнце постоянно приближается къ звѣздамъ, лежащимъ къ востоку отъ него.

Положимъ, что земля *S* находится въ центрѣ усѣянной звѣздами небесной сферы и что солнце описываетъ около нея въ теченіе года кругъ *abcd*, двигаясь въ направленіи отъ *a* къ *b* (рис. 25). Пусть солнце находится:

- въ точкѣ *a* въ началѣ весны, около 21 марта,
- » » *b* » » лѣта, » 21 июня,
- » » *c* » » осени, » 22 сентября,
- » » *d* » » зимы, » 21 декабря.

Въ такомъ случаѣ съ земли *S* мы будемъ видѣть солнце.

- въ началѣ весны по направленію линіи *Sa*, т. е. въ знакѣ Овна  $\Upsilon$ ,
- » » лѣта » » » *Sb*, » » » Рака  $\text{♋}$ ,
- » » осени » » » *Sc*, » » » Вѣсовъ  $\text{♎}$ ,
- » » зимы » » » *Sd*, » » » Козерога  $\text{♑}$ .

Такимъ образомъ солнце, двигаясь видимымъ образомъ съ запада на востокъ, пройдетъ въ теченіе года черезъ всѣ созвѣздія, лежащія на эклиптикѣ (Введ. § 11).

Положимъ теперь, что *S* обозначаетъ солнце, неподвижно покоящееся въ центрѣ круга *abcd*, по которому совершаетъ свое годовое движеніе земля въ томъ же самомъ направленіи отъ *a* къ *b*. Но при этомъ движеніи пусть земля находится:

въ точкѣ <i>c</i>	въ началѣ	весны,	около	21	марта,
»	»	<i>d</i>	»	»	лѣта
»	»	<i>a</i>	»	»	осени
»	»	<i>b</i>	»	»	зимы
				21	декабря.

Изъ рисунка ясно, что солнце *S* мы будемъ видѣть съ земли въ началѣ весны по линіи *cSa*, т. е. въ знакѣ Овна, въ началѣ лѣта по линіи *dSb*, т. е. въ знакѣ Рака и т. д., словомъ, въ тѣхъ же самыхъ знакахъ зодіака, какъ и раньше. Такимъ образомъ, предположимъ ли мы, что солнце въ теченіе года совершаетъ полный оборотъ около находящейся въ покоѣ земли, или, наоборотъ, земля описываетъ кругъ около неподвижнаго солнца, мы будемъ наблюдать на небѣ одни и тѣ-же явленія.

Которое же изъ этихъ двухъ предположеній истинное?

§ 28. **Вѣроятность положенія солнца, какъ важнѣйшаго тѣла нашей планетной системы, въ ея центрѣ.** Известно, что солнце служитъ источникомъ свѣта и теплоты не только для нашей земли, но также и для очень большого числа другихъ подобныхъ ей небесныхъ тѣлъ — для планетъ и кометъ. Поэтому весьма вѣроятно, что оно же служитъ причиной всѣхъ разнообразныхъ движеній, которыя мы наблюдаемъ у этихъ тѣлъ. Чтобы всѣ эти тѣла наилучшимъ образомъ могли пользоваться безчисленными благодѣяніями, которыя они получаютъ отъ солнца, это послѣднее должно находиться въ центрѣ описываемыхъ ими путей, а, слѣдовательно, также и въ центрѣ того пути, по которому движется наша земля. Только въ этомъ случаѣ лучи солнца могли-бы равномерно освѣщать и согревать всѣ тѣла нашей солнечной системы. Впрочемъ надо сказать, что подобныя разсужденія относятся скорѣе къ области воображенія, чѣмъ къ области достовѣрныхъ фактовъ: они носятъ скорѣе поэтическій характеръ, чѣмъ строго математическій, и, подобно многимъ другимъ метафизическимъ разсужденіямъ, основаны на не существующей, быть можетъ, гармоніи вселенной. Если мы хотимъ идти вѣрными шагами къ достиженію истины, то мы должны избѣгать тѣхъ путей, на которыхъ мы можемъ заблудиться, мы должны основываться только на такихъ фактахъ, которые или вытекаютъ прямо изъ наблюденій, или представляютъ непосредственный результатъ вычисленія, такъ какъ наблюденія и вычисленія суть единственные надежныя основанія всѣхъ нашихъ знаній.

§ 29. **Земля движется вокругъ несравненно большаго солнца.** Наши заключенія будутъ болѣе достовѣрны, если мы обратимъ вниманіе на извѣстные уже намъ размѣры тѣлъ всѣхъ, о которыхъ идетъ рѣчь. Мы уже раньше упоминали, что солнце представляетъ огромный шаръ, изъ котораго можно было бы сдѣлать приблизительно  $1\frac{1}{4}$  миллионъ такихъ шаровъ, какъ наша земля. Какова бы ни была могущественная невидимая для насъ связь между этими тѣлами, какова бы ни была сила, заставляющая одно тѣло двигаться около другого, во всякомъ случаѣ въ высшей степени вѣроятно, что этой силой обладаетъ большее тѣло и что, слѣдовательно, меньшее тѣло движется около большаго, а не наоборотъ. Если мы два камня весьма различнаго размѣра прикрѣпимъ къ концамъ веревки и затѣмъ бросимъ ихъ вверхъ, то, по основнымъ законамъ механики, оба камня будутъ вращаться около ихъ общаго центра тяжести. Если одинъ изъ этихъ камней въ  $1\frac{1}{4}$  миллионъ разъ больше другого, то ихъ общій центръ тяжести, очевидно, долженъ почти вполнѣ совпадать съ центромъ тяжести большаго камня. Вслѣдствіе этого маленькій камень долженъ вращаться около большаго, между тѣмъ какъ этотъ послѣдній совершаетъ около общаго центра тяжести весьма малыя, едва замѣтныя движенія. Совершенно такой же случай представляютъ и два весьма различныхъ по размѣрамъ небесныхъ тѣлъ, которыя свободно движутся въ пространствѣ, не подчиняясь дѣйствію постороннихъ тѣлъ.

§ 30. **Сравненіе земли съ другими планетами.** Мы уже не одинъ разъ упоминали, что на небѣ, кромѣ неподвижныхъ звѣздъ, находятся еще такъ называемыя планеты. Разсматривая ихъ въ зрительную трубу, мы готчасъ же убѣждаемся, что онѣ находятся

гораздо ближе къ намъ, чѣмъ звѣзды. Въ самомъ дѣлѣ, планеты представляются намъ въ видѣ круглыхъ дисковъ, между тѣмъ какъ неподвижныя звѣзды, несмотря на то, что онѣ своими размѣрами, быть можетъ, весьма значительно превосходятъ планеты, вследствие огромнаго разстоянія, отдѣляющаго ихъ отъ земли, усматриваются съ этой послѣдней даже въ самые сильные телескопы въ видѣ свѣтлыхъ точекъ. Планеты то приближаются къ землѣ, то удаляются отъ нея, и, вследствие этого, ихъ видимый діаметръ дѣлается то больше, то меньше. У нѣкоторыхъ планетъ мы въ зрительную трубу замѣчаемъ такія же фазы, какъ и у луны. Все это наводитъ насъ на мысль, что планеты принадлежатъ нашей солнечной системѣ, что онѣ — тѣла, родственныя землѣ. Если мы станемъ въ теченіе нѣкотораго времени слѣдить за движеніями планетъ среди неподвижныхъ звѣздъ на небесной сферѣ, то мы скоро замѣтимъ, что эти движенія отличаются крайнею неправильностью. Планеты движутся въ различныя времена съ различными скоростями, при своемъ движеніи перемѣщаются то къ востоку, то къ западу, иногда совсѣмъ останавливаются и въ теченіе продолжительнаго времени стоятъ около какой-нибудь звѣзды; короче говоря, онѣ описываютъ по небу крайне сложныя кривыя линіи, состоящія изъ узловъ и петель.

Древніе въ теченіе долгаго времени напрасно старались объяснить эти сложныя движенія планетъ, и было предложено много замѣчательныхъ и остроумныхъ гипотезъ, изъ которыхъ ни одна не привела къ желанной цѣли.

Коперникъ первый повѣдѣлъ, что такія запутанныя линіи не могутъ быть истинными путями планетъ. Отыскивая причину удивительныхъ неправильностей въ движеніи планетъ, онъ первый вступилъ на единственно вѣрный путь, именно онъ предложилъ себѣ вопросъ, въ какомъ видѣ представилась бы ихъ дуги, если бы мы ихъ могли наблюдать изъ центра солнца. Онъ убѣдился, что въ этомъ случаѣ всѣ неправильности въ движеніяхъ планетъ исчезаютъ, какъ чары по мановенію волшебника, и эти движенія дѣлаются такими же простыми и правильными, какъ и наблюдаемыя нами движенія солнца и луны. Удивительныя узлы и петли, завязываемыя планетами при ихъ перемѣщеніи среди неподвижныхъ звѣздъ, ихъ стоянія на одномъ мѣстѣ и обратныя движенія оказываются лишь оптическимъ обманомъ и объясняются тѣмъ, что мы наблюдаемъ движенія планетъ не съ солнца, которое находится въ центрѣ описываемыхъ планетами путей, а съ земли, которая сама движется вокругъ солнца. Простая мысль, что всѣ планеты, а вмѣстѣ съ ними и земля, описываютъ круги опредѣленныхъ размѣровъ, въ общемъ центрѣ которыхъ покоится солнце, дала возможность сразу разрѣшить всѣ необыкновенныя затрудненія, которыя самымъ выдающимся астрономамъ древнихъ временъ казались непреодолимыми, дала возможность замѣнить необъяснимые беспорядокъ и беззаконность въ движеніи планетъ прекраснѣйшей гармоніей; эта мысль, подобно блеску молніи, пролила свѣтъ тамъ, гдѣ раньше царила темная ночь. Копернику первому пришла въ голову мысль о движеніи земли и другихъ планетъ около солнца; благодаря этому онъ открылъ передъ нами истинное устройство вселенной и такимъ образомъ сдѣлался основателемъ современной астрономіи.

На основаніи сказаннаго становится ясно, что земля не есть совершенно особое тѣло, подобнаго которому нельзя найти въ природѣ, но что, напротивъ того, она является лишь однимъ членомъ цѣлой большой семьи планетъ, съ которыми она сходна во многихъ отношеніяхъ. Благодаря наблюдениямъ, мы знаемъ, что Юпитеръ въ теченіе своего дня совершаетъ полный оборотъ около оси и въ теченіе своего года описываетъ, въ сопровожденіи своихъ 5-ти лунъ, кругъ около солнца. Совершенно также и наша земля въ теченіе сутокъ дѣлаетъ полный оборотъ около оси и въ теченіе года описываетъ, въ сопровожденіи своей луны, кругъ около солнца.

Плоскости, въ которыхъ совершаютъ свои движенія планеты, наклонены подъ незначительными углами къ плоскости эклиптики, т. е. къ той плоскости, въ которой описываетъ свой кругъ земля. Следовательно, если бы мы могли производить наблюденія съ

солнца, то мы увидѣли бы цѣлый пучекъ плоскостей, среди которыхъ находится также и плоскость эклиптики. Всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи, именно, съ запада на востокъ, и мы видѣли выше, что наблюдаемыя на небесной сферѣ явленія могутъ быть объяснены движениемъ земли около солнца также съ запада на востокъ (§ 27). Имѣя все это въ виду, мы должны годовое движеніе земли около неподвижнаго солнца признать весьма вѣроятнымъ. Вѣроятность этого движенія еще болѣе увеличивается вѣдѣствіе того, что земля въ своемъ движеніи, какъ мы увидимъ ниже (глава VIII), подчиняется такъ называемымъ законамъ Кеплера, по которымъ совершаются движенія всѣхъ планетъ. Поэтому мы должны принять, что земля есть тоже планета, двигающаяся вмѣстѣ съ остальными вокругъ солнца. Центральная сила солнца, которая заставляетъ планеты двигаться около него и которая уравнивается центробѣжной силой (§ 13, III), развивающейся вѣдѣствіе движенія планетъ, должна дѣйствовать также и на землю. А если земля подъ дѣйствіемъ силы солнца не падаетъ на него, то этого мы не можемъ объяснить иначе, какъ допустивъ, что и землю отъ паденія удерживаетъ центробѣжная сила, другими словами, что и земля совершаетъ движеніе около солнца.

§ 31. **Годовое движеніе земли есть слѣдствіе ея суточного движенія.** Въ главѣ II мы привели нѣсколько доказательствъ суточнаго вращенія земли около оси. Причину этого вращенія можно видѣть лишь въ толчокѣ, который земля получила при своемъ образованіи, вѣдѣствіе дѣйствія какой-нибудь внешней силы, напр., вѣдѣствіе притяженія ея какии-нибудь постороннимъ тѣломъ. Если направленіе этой посторонней силы не прошло въ точности черезъ центръ земли, то послѣдняя должна была, подобно волчку, получить вращательное движеніе. Чѣмъ сильнѣе былъ первоначальный толчекъ, и чѣмъ дальше отъ центра земли прошло направленіе этой силы, тѣмъ быстрѣе должно быть вращеніе земли. Однако, такой толчекъ долженъ былъ сообщить землѣ не только вращательное движеніе, но также и поступательное. Мы изъ опыта знаемъ, какъ трудно сообщить какому-нибудь тѣлу вращательное движеніе около оси, не сдвинувъ его въ то-же время съ мѣста. Такимъ образомъ, одно вращеніе земли около оси уже можетъ служить указаніемъ на ея поступательное движеніе около солнца.

Однако, годовое движеніе земли происходитъ гораздо быстрѣе, чѣмъ суточное. Вѣдѣствіе вращенія земли около оси всякая точка, лежащая на экваторѣ, проходитъ въ одну секунду около 460 метровъ, между тѣмъ какъ вѣдѣствіе годового движенія земли около солнца любая точка ея пробѣгаетъ въ секунду приблизительно 29,6 километровъ. Слѣдовательно, скорость поступательнаго движенія въ 64 раза больше скорости вращательнаго движенія. Если бы мы могли двигаться на кораблѣ по поверхности земли съ такою же скоростью, съ какою земля движется по своему годовому пути, то мы такъ называемое кругосвѣтное путешествіе совершили бы всего въ  $22\frac{1}{2}$  минуты, такъ какъ длина окружности большого круга на земномъ шарѣ равна круглымъ числомъ 40000 километрамъ. Между тѣмъ капитанъ Кукъ первое свое кругосвѣтное плаваніе окончилъ только въ 3 года и 14 мѣс. Даже на лодкѣ, двигающейся безостановочно со скоростью 50 километровъ въ часъ, мы могли бы совершить такое путешествіе не менѣе, какъ въ 33 дн.

Какъ ни вѣроятно, на основаніи всего предыдущаго, предположеніе о движеніи земли около солнца, тѣмъ не менѣе надо сознаться, что тѣ доводы, которые мы до сихъ поръ привели въ защиту этого предположенія, несмотря на ихъ важность, никоимъ образомъ не могутъ считаться неопровержимыми доказательствами движенія земли. Вращательное движеніе земли доказывается многими явленіями, наблюдаемыми на самой поверхности ея, какъ то: сжатіемъ земли при полюсахъ, отклоненіемъ къ востоку свободно падающихъ тѣлъ, намѣщеніемъ длины секунднаго маятника и т. д. Нельзя ли какими-нибудь явленіями на поверхности земли воспользоваться также и для доказательства годового движенія ея, тѣмъ болѣе что скорость этого послѣдняго значительно больше скорости вращательнаго движенія?

Удовлетворить такому желанію, однако, весьма трудно, такъ какъ между вращательнымъ и поступательнымъ движеніями есть существенная разница: вслѣдствіе вращательнаго движенія земли различныя ея точки движутся съ различными скоростями, и, благодаря этому, мы на самой поверхности земли находимъ признаки, по которымъ можемъ замѣтить это вращеніе; при годовомъ же движеніи земли всѣ точки ея поверхности, даже внутреннія частицы земли перемѣщаются по одному и тому же направленію съ одною и тою же скоростью. Поэтому-то путемъ простого сравненія отдѣльныхъ частей земнаго шара между собой мы не можемъ распознать годового движенія земли.

Но не можемъ ли мы замѣтить этого движенія хотя бы по предметамъ, находящимся въѣ земли? Болѣе подробному изслѣдованію этого вопроса будутъ посвящены главы V и VI. Теперь же мы примемъ, что движеніе земли около солнца доказано, и въ слѣдующей главѣ рассмотримъ одно изъ важнѣйшихъ слѣдствій этого движенія въ связи съ суточнымъ вращеніемъ земли около оси.

## ГЛАВА IV.

### Времена года.

§ 32. **Выгоды и причины смѣны времени года.** Суточное вращеніе земли около оси и ея годовое движеніе около солнца обуславливаютъ съ одной стороны смѣну дня и ночи, а съ другой—времена года, эти два благодѣтельные дара неба, безъ которыхъ наша жизнь не имѣла бы и тысячной доли той прелести, благодаря которой мы такъ сильно привязываемся къ ней, что даже самый несчастный изъ насъ лишь съ грустью и послѣ ожесточенной борьбы расстаётся съ нею. Каждое утро, послѣ подкрѣпляющаго силы сна, мы съ радостью встречаемъ лучи восходящаго солнца. Съ наступленіемъ каждой весны, по нашимъ жиламъ разливается новая теплота, въ насъ оживаютъ новыя надежды, вся природа пробуждается отъ сковывавшаго ее зимняго сна, сады и дуга начинаютъ украшаться благоухающими цвѣтами. Если бы не было на земной поверхности этихъ благодѣтельныхъ перемѣнъ, то что стало бы съ растеніями и животными, съ различными произведеніями почвы, что стало бы съ торговлей, благодаря которой завязываются сношенія между различными странами, что стало бы наконецъ съ нашей цивилизаціей и съ нами самими?

Всѣми этими перемѣнами мы обязаны прежде всего суточному вращенію земли около ея оси. Въ самомъ дѣлѣ, если бы земля двигалась около солнца такъ же, какъ луна около земли, т. е. если бы она всегда была обращена къ солнцу одной стороной, то жители другой половины земнаго шара, обращенной въ сторону, противоположную солнцу, никогда не видѣли бы лучей солнца, эта половина на вѣчныя времена была бы погружена въ глубокій мракъ. Если бы обитаемая нами страны находились на томъ несчастномъ полушаріи, которое было бы вѣчно обращено въ сторону, противоположную солнцу, то вся исторія этихъ странъ, даже вся исторія человѣчества приняла бы совершенно другой оборотъ, если только, вообще, существа, обреченныя на жизнь въ вѣчномъ мракѣ, могутъ имѣть какую-нибудь исторію своихъ дѣяній.

Посмотримъ далѣе, что произошло бы, если бы земля совершала только годовое движеніе около солнца и вовсе не вращалась бы около своей оси. Въ такомъ случаѣ всѣ части земнаго шара постепенно обращались бы къ солнцу, и на земной поверхности день смѣнялся бы ночью, но что это былъ бы за день, и что это была бы за ночь! Какъ день, такъ и ночь продолжались бы цѣлыхъ полгода, и въ теченіе полного оборота земли около



солнца жители любого мѣста на земной поверхности шесть мѣсяцевъ подрядъ видѣли бы постоянно солнце надъ своимъ горизонтомъ, другіе же шесть мѣсяцевъ проводили бы въ глубокомъ мракѣ, коченѣя отъ холода.

При такомъ предположеніи, плоскость земного пути пересѣкала бы поверхность земли постоянно по окружности одного и того же круга, который на нашихъ земныхъ глобусахъ подъ названіемъ эклиптики проводится теперь безъ всякой пользы и цѣли; и жители мѣстъ, лежащихъ на окружествѣ этого круга, одинъ разъ въ году видѣли бы солнце въ своемъ зенитѣ, причѣмъ почти въ теченіе цѣлыхъ двухъ мѣсяцевъ лучи солнца падали бы по направленію, весьма близкому къ направленію отвѣсной линіи. Какъ долго длились бы эти томительныя полуденныя часы, и какую ужасную жару и духоту должны были бы испытывать въ это время жители земли! Такъ же долго тянулись бы и часы полуночи, принося съ собою страшный холодъ и оцѣпенѣніе. Но и остальные люди, которые жили бы къ сѣверу и къ югу отъ только что упомянутыхъ вредныхъ для здоровья мѣстъ, нѣсколько не были бы счастливы, такъ какъ и они то впадали бы отъ продолжительнаго зноя, то коченѣли бы отъ мороза, упорно держащагося въ теченіе полугода.

Благодаря тому, что земля совершаетъ оборотъ около оси въ короткое время, равное однимъ суткамъ, жители земного шара не испытываютъ указаннаго неудобствъ. Впрочемъ, кромѣ вращенія земли необходимо выполненіе еще другого условія, безъ котораго была бы немислима благодѣтельная смѣна времени года. Это второе условіе заключается въ томъ, что ось вращенія земли не перпендикулярна къ плоскости эклиптики. Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что суточное вращеніе земли происходитъ въ той же плоскости, въ которой совершается и ея годовое движеніе около солнца; другими словами, допустимъ, что плоскость эклиптики совпадаетъ съ плоскостью экватора. Вслѣдствіе такого совпаденія на всей землѣ въ теченіе цѣлаго года день былъ бы равенъ ночи, и не могло бы быть и рѣчи о смѣнѣ времени года и о годовыхъ измѣненіяхъ температуры въ какомъ-нибудь определенномъ пунктѣ земного шара. Едва ли бы мы чувствовали себя при такихъ условіяхъ лучше, чѣмъ теперь, и совершенно напрасно полаты восхваляютъ вѣчную весну, которая наступила бы на земномъ шарѣ, въ случаѣ совпаденія плоскости эклиптики съ плоскостью экватора. При такомъ условіи въ странахъ, лежащихъ подъ экваторомъ, вслѣдствіе палищаго зноя, жизнь была бы невозможна; мѣста же, весьма удаленныя отъ экватора, были бы покрыты вѣчнымъ льдомъ, и только сравнительно небольшая часть такъ называемаго умѣреннаго пояса была бы удобобитаема. Къ счастью, та ось, около которой вращается наша земля и которая при только что изложенныхъ соображеніяхъ считалась перпендикулярной къ плоскости эклиптики, на самомъ дѣлѣ занимаетъ наклонное положеніе относительно этой плоскости. Это-то наклонное положеніе ея и является причиною времени года и источникомъ благъ, изливаемыхъ небомъ на насъ и на нашу землю.

§ 33. **Объясненіе четырехъ времени года.** Проведемъ черезъ центръ солнца  $S$  двѣ линіи: одну  $SR$ , перпендикулярную къ плоскости эклиптики, въ которой движется земля, и другую  $SP$ , составляющую съ первой уголъ  $PSR$  въ  $23\frac{1}{2}^\circ$ , т. е. такой же уголъ, подъ которымъ экваторъ наклоненъ къ эклиптикѣ (рис. 26). Земля въ теченіе года описываетъ около солнца кругъ  $ABCD$  и, вмѣстѣ съ гѣмъ, постоянно вращается около своей оси  $rs$ , которая во всѣхъ точкахъ земного пути параллельна второй изъ упомянутыхъ линій  $SP$ . Точки  $p$  и  $q$  представляютъ соответственно сѣверный и южный полюсы земли.

Рассмотримъ четыре положенія земли  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ , которыя она занимаетъ въ тѣ моменты, когда въ сѣверномъ полушаріи начинаются весна, лѣто, осень и зима. Во всѣхъ этихъ положеніяхъ постоянно только одна половина земной поверхности освѣщается солнцемъ, другая же пребываетъ во мракѣ. Но во всѣхъ этихъ четырехъ положеніяхъ обѣ половины, освѣщенная и неосвѣщенная, распределяются весьма различнымъ образомъ относительно оси вращенія  $rs$ , которая, при движеніи земли, остается постоянно

параллельной самой себѣ. Иногда граница свѣта и тѣни, т. е. большой кругъ, отдѣляющій освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной, проходитъ черезъ оба земные полюса  $p$  и  $q$ , иногда же полюсы лежатъ на значительномъ разстояннн вправо или влево отъ этого большого круга, плоскости котораго всегда перпендикулярна къ линии, соединяющей центръ солнца съ центромъ земли. Земная ось  $pq$  составляетъ съ этой линией острый уголъ все время, пока земля находится на половинѣ  $ABC$  своего пути; при движеннн же земли по другой половинѣ  $CDA$  ось  $pq$  наклонена къ упомянутой линнн подъ тупымъ угломъ, и только въ двухъ точкахъ  $A$  и  $C$ , въ которыхъ земли бываетъ въ началѣ весны и въ началѣ осени, этотъ уголъ прямой.

Уголъ, составляемый земною осью  $tr$  съ линннй  $mS$ , соединяющей центры земли и солнца, иначе говоря, уголъ  $Smr$ , есть не что иное, какъ полярное разстоянне солнца (Введ., § 9). Когда земля находится въ точкѣ  $B$ , полярное разстоянне солнца достигаетъ наименьшей величины и равно  $90^\circ - 23,5^\circ = 66,5^\circ$ . При движеннн земли отъ  $B$  до  $D$  полярное разстоянне солнца все время увеличивается, въ точкѣ  $C$  оно равно  $90^\circ$ , въ точкѣ  $D$  оно дѣлается наибольшимъ и равно  $90^\circ + 23,5^\circ = 113,5^\circ$ . Затѣмъ полярное разстоянне солнца начинаетъ уменьшаться, въ точкѣ  $A$ , прямо противоположной точкѣ  $C$ , оно снова равняется  $90^\circ$  и, наконецъ, въ точкѣ  $B$  достигаетъ своего прежняго наименьшаго значення, равнаго  $66,5^\circ$ .

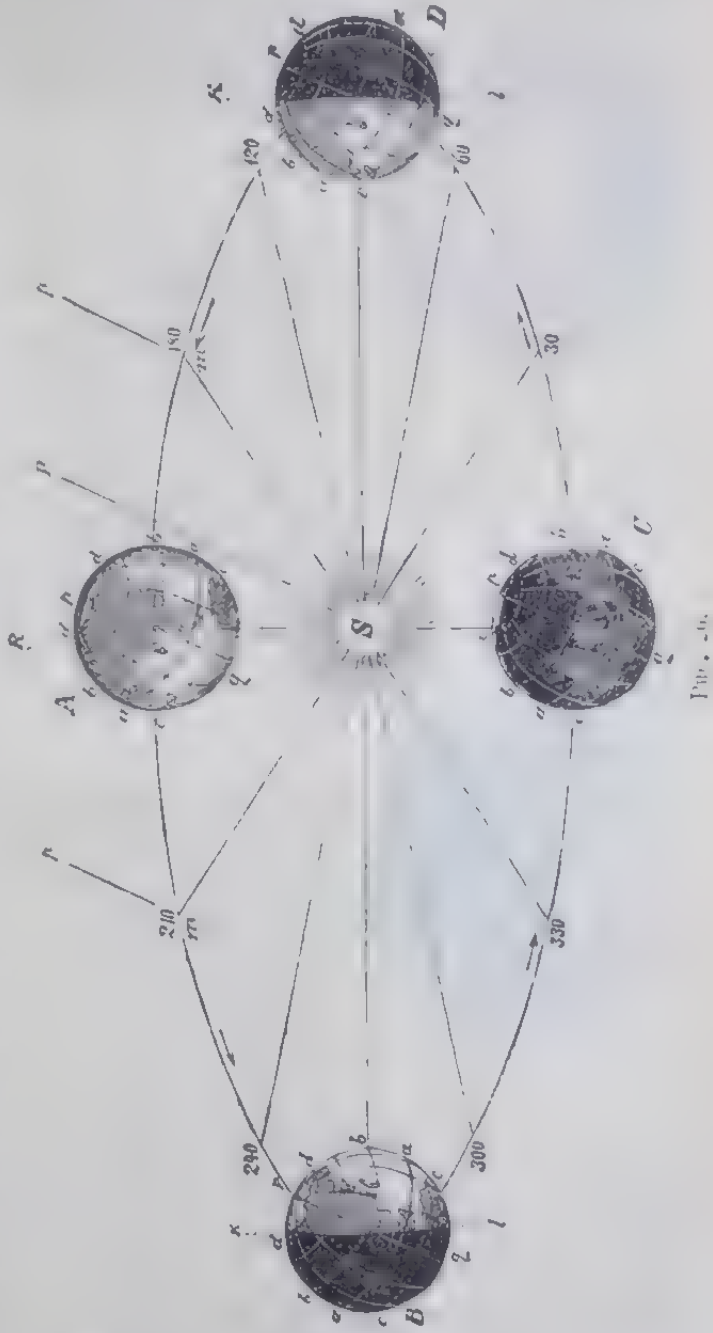


Fig. 20.

На нашемъ рисункѣ  $aa$  обозначаетъ на поверхности земли экваторъ, находящійся на равныхъ разстоянняхъ отъ обоихъ полюсовъ.  $bb$  и  $cc$  суть тропики (Введ., § 14), нахо-

двѣтся на разстояніяхъ  $ab = ac = 23\frac{1}{2}^{\circ}$  отъ экватора и, наконецъ,  $dd$  есть сѣверный полярный кругъ, отстоящій на  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  отъ полюса  $p$ .

Положимъ, что земля находится въ точкѣ  $B$  своего пути, гдѣ уголъ  $Smr$  имѣетъ наименьшее значеніе и равенъ  $66^{\circ} 20'$ . Въ этомъ положеніи ея сѣверный полюсъ  $p$  лежитъ въ освѣщенномъ полушаріи, а южный  $q$  въ неосвѣщенномъ, и притомъ оба находятся въ наибольшемъ удаленіи отъ большого круга, служащаго границей свѣта и тѣни.

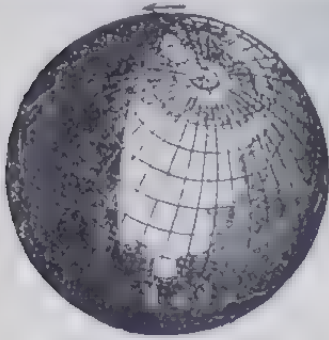


Рис. 27

При вращеніи земли около оси сѣверный полюсъ  $p$  все время остается въ освѣщенномъ полушаріи, а южный  $q$  въ неосвѣщенномъ. Следовательно, въ этомъ положеніи земли для наблюдателя на сѣверномъ полюсѣ  $p$  солнце все время находится надъ горизонтомъ, оно для него не заходитъ, и въ это время года на сѣверномъ полюсѣ мы имѣемъ сплошную день. На южномъ же полюсѣ  $q$ , наоборотъ, солнце все время находится подъ горизонтомъ наблюдателя, для котораго такимъ образомъ имѣетъ мѣсто сплошная ночь. Подобныя же явленія наблюдаются во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ въ тѣхъ частяхъ земнаго шара, которыя находятся около полюсовъ и ограничены полярными кругами. Такъ какъ въ этомъ положеніи земли ось вращенія составляетъ уголъ въ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  съ плоскостью круга, служащаго границей свѣта и тѣни, то этотъ послѣдній кругъ касается обоихъ полярныхъ круговъ. Поэтому жители странъ, лежащихъ между полюсами и полярными кругами, въ сѣверномъ полушаріи имѣютъ непрерывный день, а въ южномъ непрерывную ночь. Какія же явленія должны наблюдать жители странъ, лежащихъ между полярными кругами и экваторомъ? Такъ какъ земныя параллели дѣлятся большимъ кругомъ, служащимъ границей свѣта и тѣни, на весьма неравныя части, и такъ какъ большія части этихъ параллелей лежатъ въ сѣверномъ полушаріи въ освѣщенной части земли, а въ южномъ въ неосвѣщенной, то для жителей сѣвернаго полушарія въ это время года, очевидно, дни длиннѣе ночей, въ южномъ же полушаріи, наоборотъ, ночи длиннѣе дней (рис. 27). Каждая изъ дугъ  $ac$ ,  $ab$  и  $pd$  заключаетъ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  (рис. 26). Поэтому жители тропика  $bb$ , лежащаго въ сѣверномъ полушаріи, въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ. Въ странахъ, лежащихъ къ сѣверу отъ тропика, высота солнца въ полдень меньше  $90^{\circ}$ ; она уменьшается по мѣрѣ приближенія мѣста наблюденія къ полюсу. Наконецъ наблюдатель, находящійся на самомъ полюсѣ  $p$ , въ теченіе цѣлыхъ сутокъ долженъ видѣть солнце на одной и той-же высотѣ надъ горизонтомъ, равной  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Житель сѣвернаго полярнаго круга, находясь въ полдень въ точкѣ  $d$ , ближайшей къ солнцу, видитъ это послѣднее на высотѣ  $47^{\circ}$  надъ горизонтомъ; вследствие вращенія земли, наблюдатель перемѣщается и въ полночь занимаетъ точку, лежащую на границѣ свѣта и тѣни, и тогда солнце находится на самомъ горизонтѣ его. Напротивъ того, житель южнаго полярнаго круга въ полдень находится на границѣ свѣта и тѣни, и только въ этотъ моментъ онъ видитъ солнце на горизонтѣ, такимъ образомъ для него продолжительность дня равна, такъ сказать, одному моменту. Въ точкѣ  $B$  своего пути земля бываетъ 21 іюня по волею судьбы, и съ этого дня въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто, а въ южномъ зима. Гдѣ бы помѣщенный въ центрѣ земли, въ этотъ день увидѣлъ бы солнце въ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  надъ плоскостью небеснаго экватора. Следовательно, сѣверное эклиптическое склоненіе солнца 21 іюня равняется  $23\frac{1}{2}^{\circ}$



Рис. 28

горизонтомъ, равной  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Житель сѣвернаго полярнаго круга, находясь въ полдень въ точкѣ  $d$ , ближайшей къ солнцу, видитъ это послѣднее на высотѣ  $47^{\circ}$  надъ горизонтомъ; вследствие вращенія земли, наблюдатель перемѣщается и въ полночь занимаетъ точку, лежащую на границѣ свѣта и тѣни, и тогда солнце находится на самомъ горизонтѣ его. Напротивъ того, житель южнаго полярнаго круга въ полдень находится на границѣ свѣта и тѣни, и только въ этотъ моментъ онъ видитъ солнце на горизонтѣ, такимъ образомъ для него продолжительность дня равна, такъ сказать, одному моменту. Въ точкѣ  $B$  своего пути земля бываетъ 21 іюня по волею судьбы, и съ этого дня въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто, а въ южномъ зима. Гдѣ бы помѣщенный въ центрѣ земли, въ этотъ день увидѣлъ бы солнце въ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  надъ плоскостью небеснаго экватора. Следовательно, сѣверное эклиптическое склоненіе солнца 21 іюня равняется  $23\frac{1}{2}^{\circ}$

Совершенно обратныя явленія наблюдаются полтора свѣта, 21 декабря, когда земля приходит въ прямо противоположную точку *D* своего пути (рис. 26). Сѣверный полюсъ земли, который раньше былъ обращенъ въ сторону солнца, теперь обращенъ въ сторону, ему противоположную. Такъ какъ большой кругъ, служащій границей свѣта и тѣни, опять перпендикуляренъ къ линіи *Sc*, соединяющей центры солнца и земли, то сѣверный полюсъ *p* все время находится въ неосвѣщенной части земной поверхности, а южный *q* — въ освѣщенной. На сѣверномъ полюсѣ солнце вовсе не восходитъ, на южномъ не заходитъ. Всѣ земныя параллели кругомъ, служащимъ границей свѣта и тѣни, дѣлятся опять на весьма неравныя части, только съ тою разницей, что теперь большія части этихъ параллелей въ сѣверномъ полушаріи лежатъ въ неосвѣщенной части, а въ южномъ въ освѣщенной. Слѣдовательно, въ сѣверномъ полушаріи ночи длиннѣе дней, въ южномъ же наоборотъ (рис. 28). Теперь жители южнаго тропика *cc* (рис. 26) видятъ въ полдень солнце въ зенитѣ, на экваторѣ солнце въ полдень отстоитъ отъ зенита на  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ , на сѣверномъ тропикѣ *bb* его зенитное разстояніе въ полдень равно  $47^{\circ}$ , наконецъ на сѣверномъ полярномъ кругѣ *dd* солнце появляется на горизонтѣ только на одно мгновеніе. Глазъ, помѣщенный въ центрѣ земли, въ этотъ день увидѣлъ бы солнце въ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  подъ плоскостью небеснаго экватора. Слѣдовательно, южное склоненіе солнца 21 декабря равняется  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Съ этого дня въ сѣверномъ полушаріи начинается зима.

Посрединѣ между точками *B* и *D* на земномъ пути находятся двѣ другія точки *A* и *C*, въ которыхъ уголъ *Smr* дѣлается прямымъ (рис. 26). Мы знаемъ, что большой кругъ, отдѣляющій освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной, всегда перпендикуляренъ къ линіи, соединяющей центры солнца и земли. Но въ положеніяхъ *A* и *C* земная ось также перпендикулярна къ этой линіи. Поэтому земные полюсы лежатъ на томъ большомъ кругѣ, который служитъ границей свѣта и тѣни, и этотъ кругъ дѣлитъ всѣ параллели на двѣ равныя части, вслѣдствіе чего на всей землѣ день равенъ ночи. На обоихъ полюсахъ въ теченіе цѣлыхъ сутокъ солнце находится на горизонтѣ; жители экватора въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ, и потому глазу, помѣщенному въ центрѣ земли, должно казаться, что солнце, вслѣдствіе вращенія земли, движется по небесному экватору. Въ точкѣ *A* солнце бываетъ въ началѣ нашей весны, 21 марта (рис. 29), въ точкѣ *C* въ началѣ нашей осени, 23 сентября. По линіи, соединяющей обѣ эти точки, экваторъ пересѣкается съ клинкой, и эта линія называется линіей равноденствій, такъ какъ въ то время, когда земля находится въ этихъ точкахъ, на всей ея поверхности день равенъ ночи (Вид. § 11). Точки *B* и *D* называются точками солнцестояній. Когда земля находится въ этихъ точкахъ, солнце кажется наиболѣе удаленнымъ къ сѣверу или къ югу отъ экватора. Въ это время склоненіе солнца измѣняется весьма медленно, и солнце въ теченіе нѣсколькихъ дней кажется какъ бы стоящимъ на одной и той-же параллели.

Выше мы рассмотрѣли только четыре главнѣйшихъ положенія земли на ея годовомъ пути. Но земля въ теченіе года проходитъ послѣдовательно черезъ всѣ промежуточные положенія, и вслѣдствіе этого жители каждаго мѣста на земной поверхности испытываютъ всѣ послѣдовательныя измѣненія времени года.

§ 34. **Жаркій, холодный и умѣренный поясы земной поверхности.** Тропиками и полярными кругами поверхность земли дѣлится на части, весьма различающіяся одна отъ другой во многихъ отношеніяхъ.

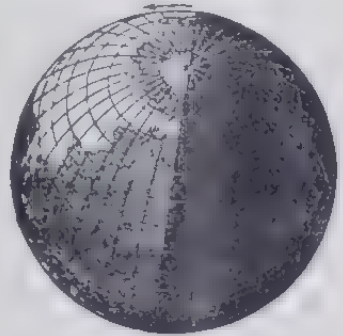


Рис. 29.

По обѣ стороны отъ экватора, между сѣвернымъ и южнымъ тропиками, лежитъ такъ называемый жаркій или тропическій поясъ; части земной поверхности, заключенныя между тропиками съ одной стороны и полярными кругами съ другой, называются умѣренными поясами; наконецъ полярные круги ограничиваютъ собою остающіяся части, въ серединѣ которыхъ лежатъ земные полюсы и которыя называются холодными поясами. Жаркій поясъ охватываетъ по ширинѣ пространство въ  $47^{\circ}$ , его поверхность равна 202 милліонамъ квадратныхъ километровъ. Ширина каждого изъ умѣренныхъ поясовъ равна  $43^{\circ}$ ; поверхность ихъ обоихъ вмѣстѣ составляетъ 265 милліоновъ квадратныхъ километровъ. Наконецъ границы холодныхъ поясовъ удалены отъ полюсовъ на  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ , и поверхность ихъ обоихъ равна  $42\frac{1}{2}$  милліонамъ квадратныхъ километровъ. Такимъ образомъ жаркій поясъ составляетъ 0,4, оба умѣренныхъ 0,5 и оба холодныхъ только 0,1 всей поверхности земли. Жители жаркаго пояса въ тѣ дни, когда склоненіе солнца равно географической широтѣ мѣста наблюденія, въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ. Но и въ остальные дни года въ полдень солнце никогда не бываетъ въ значительномъ удаленіи отъ зенита. Поэтому, лучи солнца постоянно падаютъ почти отвѣсно къ поверхности земли, сильно ее нагревая, чѣмъ и объясняется высокая температура, а также и названіе этого пояса. Въ жаркомъ поясѣ продолжительность дня никогда сильно не отличается отъ продолжительности ночи. На границахъ этого пояса, подъ тропиками, самый длинный день и самая длинная ночь продолжаются только  $13^{\text{ч}} 28^{\text{м}}$ , подъ экваторомъ же въ теченіе цѣлаго года день равенъ ночи. Всѣ предметы, имѣющіе вертикальное положеніе, въ жаркомъ поясѣ два раза въ году въ полдень совѣсьмъ не отбрасываютъ тѣни, въ остальное же время въ теченіе одной части года тѣнь отъ нихъ падаетъ къ сѣверу, въ теченіе другой части къ югу.

Въ обоихъ умѣренныхъ поясахъ, даже въ полдень, солнце никогда не бываетъ въ зенитѣ, и чѣмъ дальше отъ экватора отстоитъ мѣсто наблюденія, тѣмъ больше въ полдень удалено солнце отъ зенита. Вмѣстѣ съ этимъ увеличивается неравенство дней и ночей, и на границахъ этого пояса, въ мѣстахъ, лежащихъ на полярныхъ кругахъ, продолжительность какъ самаго длиннаго дня, такъ и самой длинной ночи составляетъ цѣлыхъ 24 часа. Въ умѣренныхъ поясахъ вполнѣ ясно различаются между собою 4 времени года, которыя въ жаркомъ поясѣ обращаются въ сплошное лѣто, периодически прерываемое дождливымъ временемъ. Въ то время какъ въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ начинается весна или лѣто, въ южномъ, наоборотъ, наступаетъ осень или зима. Всѣ предметы, имѣющіе вертикальное положеніе, въ полдень отбрасываютъ тѣнь въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ всегда къ сѣверу, въ южномъ всегда къ югу.

Въ холодныхъ поясахъ солнце можетъ въ теченіе продолжительнаго времени оставаться или постоянно надъ горизонтомъ, или постоянно подъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Въ то время какъ южное склоненіе солнца приближается къ своему наибольшему значенію, въ мѣстахъ, лежащихъ въ сѣверномъ холодномъ поясѣ, солнце, оставаясь все время подъ горизонтомъ, совѣсьмъ не восходитъ, въ мѣстахъ же, лежащихъ въ южномъ поясѣ, оно, находясь все время надъ горизонтомъ, совѣсьмъ не заходитъ. Совершенно обратныя явленія наблюдаются тогда, когда сѣверное склоненіе солнца приближается къ наибольшей величинѣ. Когда солнце находится все время надъ горизонтомъ мѣста наблюденія, оно описываетъ на небесной сферѣ полный кругъ, который составляетъ съ горизонтомъ тѣмъ меньшій уголъ, чѣмъ ближе къ полюсу мѣсто наблюденія, и наконецъ на самомъ полюсѣ дѣлается параллельнымъ горизонту. На границѣ холоднаго пояса, т. е. въ мѣстахъ, которыя лежатъ на полярномъ кругѣ и широта которыхъ равна  $66\frac{1}{2}^{\circ}$ , самый длинный день лѣтомъ и самая длинная ночь зимой продолжаются цѣлыхъ 24 часа. Подъ широтами  $67.3^{\circ}$ ,  $69.7^{\circ}$ ,  $73.4^{\circ}$ ,  $78.2^{\circ}$  и  $83.8^{\circ}$  наибольшая продолжительность дня или ночи равна соответственно 1, 2, 3, 4 и 5 полнымъ мѣсяцамъ. Наконецъ, на обоихъ полюсахъ солнце въ теченіе 6 мѣсяцевъ остается надъ горизонтомъ и въ теченіе другихъ 6 мѣсяцевъ подъ

горизонтомъ. Такъ какъ въ странахъ холодныхъ поясовъ солнце никогда не поднимается высоко надъ горизонтомъ, и лучи его постоянно падаютъ весьма наклонно къ поверхности земли, то средняя температура (§ 36) этихъ странъ въ течение всего года остается низкой и быстро уменьшается по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ, вблизи которыхъ, вѣдствие продолжительныхъ сильныхъ холодовъ, органическая жизнь развивается весьма слабо. Въ этихъ покрытыхъ вѣчнымъ снѣгомъ странахъ тѣнь, которую отбрасываютъ освѣщаемые солнцемъ предметы, въ теченіе 24 часовъ описываетъ полную окружность въ плоскости горизонта.

§ 35. **Климаты древнихъ.** Прежніе географы кругами, параллельными экватору, дѣлили земную поверхность на нѣсколько поясовъ, которые они называли климатами. Эти поясы выбирались такъ, чтобы продолжительность самого длиннаго дня лѣтомъ, а также самой длинной ночи зимою на болѣе удаленной отъ экватора границѣ пояса была на полчаса больше, чѣмъ на другой его границѣ, ближайшей къ экватору. Въ слѣдующей табличкѣ даны географическая широта наиболѣе удаленной отъ экватора границы каждаго пояса и наибольшая длина дня или ночи на этой границѣ.

Климатъ.	Широта.	Наибольш. продолж. дня.	Климатъ.	Широта.	Наибольш. продолж. дни.
1	8,7°	12,5 <sup>h</sup>	13	60,0°	18,5 <sup>h</sup>
2	17,0	13,0	14	61,3	19,0
3	24,3	13,5	15	62,4	19,5
4	30,8	14,0	16	63,4	20,0
5	36,5	14,5	17	64,2	20,5
6	41,4	15,0	18	64,8	21,0
7	45,5	15,5	19	65,4	21,5
8	49,0	16,0	20	65,8	22,0
9	52,0	16,5	21	66,1	22,5
10	54,5	17,0	22	66,3	23,0
11	56,7	17,5	23	66,4	23,5
12	58,5	18,0	24	66,5	24,0

Такъ, напр., Вена, широта которой равна 48,2°, лежитъ въ восьмомъ климатѣ, и продолжительность самого длиннаго дня лѣтомъ и самой длинной ночи зимою въ этомъ городѣ составляетъ 15,9<sup>h</sup> или 15<sup>h</sup>54<sup>m</sup>, самая же короткая ночь лѣтомъ и самый короткий день зимою равенъ 24<sup>h</sup> — 15<sup>h</sup>54<sup>m</sup> — 8<sup>h</sup>6<sup>m</sup>. Городъ Архангельскъ, находящійся подъ широтой 64,5°, лежитъ въ восемнадцатомъ климатѣ, и для него самый длинный день лѣтомъ равенъ 20,7<sup>h</sup> или 20<sup>h</sup>42<sup>m</sup>, а самая короткая ночь зимою только 3<sup>h</sup>18<sup>m</sup>. Въ мѣстѣ, лежащихъ подъ широтой 66,4°, продолжительность самого длиннаго дня составляетъ 23<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, а самого короткаго только полчаса. Въ предыдущемъ мы предполагали, что день начинается и кончается въ тотъ моментъ, когда центръ солнца находится въ плоскости горизонта. Но на самомъ дѣлѣ лучи солнца приносятъ намъ дневной свѣтъ уже съ восходомъ верхняго края солнца. Кромѣ того, восходъ верхняго края еще укоряется дѣйствіемъ рефракціи, о которой мы будемъ говорить ниже (§ 105). Вѣдствие этого во всѣхъ мѣстахъ земной поверхности продолжительность дня больше той, которая указана въ предыдущей табличкѣ, и особенно замѣтной эта разница дѣлается въ высшихъ широтахъ.

Однако температура и другія условія атмосферы или такъ называемый физическій климатъ какой-нибудь страны зависятъ не только отъ географической ея широты, но также и отъ цѣлага ряда другихъ обстоятельствъ. Такъ, особенно сильное нагреваніе происходитъ въ томъ случаѣ, когда солнце проходитъ черезъ меридіанъ вблизи отъ зенита. На экваторѣ

солнце бываетъ въ зенитѣ въ серединѣ марта и въ серединѣ сентября; но въ эти мѣсяцы склоненіе солнца измѣняется весьма быстро, приблизительно на  $0.4''$  въ сутки. Поэтому уже черезъ нѣсколько дней солнце удаляется отъ зенита на замѣтную величину. Напротивъ того, въ серединѣ юня и въ серединѣ декабря, когда жители тропиковъ видятъ солнце въ зенитѣ, его склоненіе измѣняется весьма медленно, вследствие чего въ этихъ странахъ солнце въ теченіе нѣсколькихъ педѣль проходитъ черезъ меридианъ вблизи зенита. Поэтому, въ дѣйствительности температура многихъ странъ, лежащихъ на тропикахъ, значительно выше температуры экваториальныхъ странъ. Въ жаркомъ поясѣ, вследствие приблизительно одинаковой продолжительности дней и ночей, дневной жаръ, вообще, уравнивается ночью прохладой. Поэтому въ нѣкоторыхъ странахъ умереннаго пояса лѣтомъ, когда тамъ дни бываютъ гораздо длиннѣе ночей, температура поднимается значительно выше, чѣмъ даже въ жаркомъ поясѣ. Такъ, въ странахъ, лежащихъ на параллели, сѣверная широта которой равна  $60^\circ$ , въ длинные июльскіе дни жара въ тѣни достигаетъ  $40^\circ$  Цельсія. Даже подъ  $80^\circ$  сѣверной широты, вследствие дневной теплогты лѣтомъ, оттаиваетъ почва, промерзшая на большую глубину, и растенія, посаженные въ такую почву, созрѣваютъ въ ней, какъ въ парникахъ.

Кромѣ того, огромное значеніе имѣютъ также различныя мѣстные условія, какъ-то близость большихъ массъ воды, особенно близость моря съ его холодными и теплыми теченіями, высота мѣста надъ уровнемъ моря, окружающіе мѣстность лѣса и горы, составъ почвы и т. д. Поэтому предложенное древними географами дѣленіе земной поверхности на климаты не имѣетъ почти никакого практическаго значенія, совершенно такъ же, какъ и попытки Галлея, Ламберта и другихъ выразить патриваніе различныхъ странъ въ зависимости только отъ полуденной высоты солнца и болѣе или менѣе продолжительнаго пребыванія его надъ горизонтомъ мѣстности.

§ 36. **Снѣжная граница и изотермы.** Изъ всѣхъ мѣстныхъ условій, оказывающихъ вліяніе на температуру страны, одну изъ важнѣйшихъ ролей играетъ высота мѣста надъ уровнемъ моря. Въ тропическихъ странахъ температура какой-нибудь мѣстности зависитъ почти исключительно отъ ея высоты надъ уровнемъ моря. Такъ, напр., поднимаясь отъ Рио-Гуайяквилъ до вершины Чимборазо, мы прошли бы черезъ всѣ климаты, начиная отъ климата тропическихъ странъ и кончая климатомъ холоднаго пояса. Надъ любымъ мѣстомъ земной поверхности въ атмосферѣ находится такая точка, въ которой даже въ серединѣ лѣта ледъ и снѣгъ не таютъ. Поверхность, проведенная черезъ всѣ такія точки надъ земнымъ шаромъ, называется снѣжной границей. По Гумбольдту высота снѣжной границы надъ поверхностью земли въ сѣверномъ полушаріи для различныхъ широтъ выражается слѣдующими числами:

Широта.	Высота.	Широта.	Высота.	Широта.	Высота.
$0^\circ$	4800 метр.	35	3600 метр.	62	1670 метр.
23	4600 „	40	3200 „	66	1300 „
30	4400 „	45	2750 „	70	1100 „

Наибольшую высоту снѣжная граница имѣетъ въ экваториальныхъ странахъ, по мѣрѣ же приближенія къ полюсамъ она опускается все болѣе и болѣе къ землѣ и, наконецъ, на полюсахъ совпадаетъ съ поверхностью моря. Въ южномъ полушаріи снѣжная граница проходитъ значительно ниже, чѣмъ въ сѣверномъ.

Если мы въ теченіе одного или нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ ежедневно въ извѣстные часы будемъ въ какой-нибудь мѣстѣ опредѣлять температуру воздуха, загѣмъ всѣ записанныя такимъ образомъ показанія термометра сложимъ и сумму раздѣлимъ на число наблюденій, то получимъ такъ называемую среднюю годовую температуру мѣста наблюденія. Приведемъ среднія годовыя температуры нѣкоторыхъ мѣстъ.

Кумапа . . . . . 27,9'	Милавъ . . . . . 13,3'	Берлинъ . . . . . 8,4'
Батавія . . . . . 26,9	Парижъ . . . . . 11,0	Стокгольмъ . . . . . 6,1
Каиръ . . . . . 22,5	Вѣна . . . . . 10,0	Петербургъ . . . . . 3,2
Неаполь . . . . . 18,0	Лондонъ . . . . . 10,5	Нордъ-Капъ . . . . . 0,1

Въ этой табличкѣ температуры выражены въ градусамъ Цельзія.

Соединяя на картѣ кривыми линіями мѣста, имѣющія одну и ту-же среднюю температуру, мы получимъ такъ называемыя изотермическія линіи, или изотермы. Въ жаркомъ поясѣ изотермы приблизительно параллельны экватору; по мѣрѣ же удаленія отъ экватора онѣ дѣлаются все болѣе неправильными: болѣею частью онѣ вблизи меридіановъ, проходящихъ черезъ середину Германіи и черезъ западный берегъ Америки, отклоняются къ полюсамъ. Вблизи же меридіановъ, проходящихъ черезъ середину Китая и черезъ восточный берегъ Америки, онѣ отклоняются къ экватору.

§ 37. **Явленія, которыя наблюдались бы при иной наклонности эклиптики.** Все вышеописанныя явленія, а также многія другія, которыя мы наблюдаемъ на поверхности земли, представляютъ необходимое слѣдствіе смѣны временъ года и должны быть объяснены тѣмъ, что плоскость эклиптики наклонена къ плоскости экватора подъ нѣкоторымъ угломъ, который въ настоящее время приблизительно равенъ  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Съ измѣненіемъ этого угла должны измѣниться и наблюдаемыя на поверхности земли явленія. Мы уже выше (§ 32) разсмотрѣли, какія явленія повлекло бы за собой совпаденіе эклиптики съ экваторомъ.

Посмотримъ теперь, что произойдетъ, если наклонность эклиптики будетъ больше  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Если-бы эта наклонность была равна  $45^{\circ}$ , то жаркій поясъ простирался бы въ обѣ стороны отъ экватора до параллели  $45^{\circ}$ , а оба холодные пояса отъ  $45^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ , т. е. до полюсовъ; умѣренного же пояса въ точъ смыслѣ, какъ это указано выше, не было бы вовсе. Если бы наклонность эклиптики сдѣлалась равной  $90^{\circ}$ , т. е. если бы плоскость экватора была перпендикулярна къ плоскости эклиптики, то въ каждомъ пунктѣ земного шара, не исключая даже и полюсовъ, солнце съ одной стороны два раза въ году проходило бы черезъ зенитъ, а съ другой—въ теченіе нѣкотораго времени оставалось бы постоянно надъ горизонтомъ или постоянно подъ горизонтомъ. Въ такомъ случаѣ каждая страна на поверхности земли въ теченіе одной части года принадлежала бы къ жаркому поясу, въ теченіе другой къ умѣренному и, наконецъ, въ теченіе третьей къ холодному.

Изъ предыдущаго ясно, что та или другая наклонность эклиптики, должна была бы оказывать большое вліяніе на жизнь нашей планеты, наклонность, которая въ дѣйствительности имѣетъ мѣсто для земли, съ нашей точки зрѣнія кажется наиболее целесообразной. Такъ ли это въ дѣйствительности, это другой вопросъ. Не надо забывать, что вся жизнь нашей планеты сложилась подъ вліяніемъ этой наклонности эклиптики, почему другая намъ и кажется нецѣлесообразной. Для двухъ крайнихъ планетъ нашей солнечной системы Урана и Нептуна наклонность эклиптики совсѣмъ другая: для нихъ экваторъ почти перпендикуляренъ къ эклиптикѣ. Но развѣ мы вправѣ не признавать жизни на этихъ планетахъ только по тому, что условія этой жизни иныя, чѣмъ на землѣ?

## ГЛАВА V.

### Параллаксы свѣтилъ и разстоянія послѣднихъ отъ земли.

§ 38. **Кажущееся движеніе предметовъ.** Представимъ себѣ равнину, усаженную деревьями и на горизонтѣ ограченную горами. Если мы передвигаемся по этой равнинѣ по какому-нибудь направленію, то намъ кажется, что близкія къ намъ деревья перемѣщаются относительно далекихъ горъ въ сторону, противоположную нашему движенію. Чѣмъ



ближе къ намъ находятся деревья, тѣмъ быстрее проходятъ ихъ перемѣщеніе. Правда, и находящіеся на горизонтѣ горы при этомъ тоже перемѣщаются въ сторону, обратную нашему движению, но ихъ перемѣщеніе совершается весьма медленно. Далѣе, положимъ, что мы передвигаемся по направленію къ сѣверу, мы замѣтимъ, что деревья, находящіеся передъ нами, на сѣверѣ, все болѣе и болѣе отодвигаются другъ отъ друга по мѣрѣ нашего приближенія къ нимъ. Наоборотъ деревья, которыя находятся позади насъ, на югѣ, и отъ которыхъ мы постепенно удаляемся, кажутся намъ все болѣе и болѣе приближающимися другъ къ другу. Аналогно съ этимъ явленіемъ представляютъ два параллельныхъ ряда деревьевъ, посаженныхъ по бокамъ длинной аллеи; они кажутся сходящимися на удаленномъ отъ насъ концѣ аллеи.

Все сказанное о деревьяхъ применимо и къ небеснымъ свѣтиламъ, если только наши перемѣщенія по поверхности земли или вмѣстѣ съ землею въ пространство не представляются величинами, исчезающими въ сравненіи съ разстояніями, отдѣляющими насъ отъ этихъ свѣтилъ.

Мы уже видѣли (§ 30), что подобныя перемѣщенія замѣчаются у планетъ, и на этомъ основаніи мы съ вѣроятностью, близкою къ достовѣрности, вывели заключеніе о движеніи земли около солнца. Является вопросъ, нельзя-ли замѣтить это движеніе также и по перемѣщенію неподвижныхъ звѣздъ?

§ 39. **Опредѣленіе неприступныхъ точекъ и линій на поверхности земли.** Для опредѣленія разстояній небесныхъ свѣтилъ по землѣ астрономы пользуются такими же способами, какіе наши геодезисты и землемеры употребляютъ при своихъ измѣреніяхъ на поверхности земли. Въ основаніи этихъ способовъ лежатъ простыя положенія геометріи, дающія возможность въ какомъ-нибудь треугольникѣ по нѣкоторымъ опредѣленнымъ непосредственнымъ измѣреніямъ сторонамъ и угламъ найти остальные части треугольника.

Всѣмъ намъ извѣстно, что для опредѣленія разстояній небесныхъ свѣтилъ по землѣ астрономы пользуются такими же способами, какіе наши геодезисты и землемеры употребляютъ при своихъ измѣреніяхъ на поверхности земли. Въ основаніи этихъ способовъ лежатъ простыя положенія геометріи, дающія возможность въ какомъ-нибудь треугольникѣ по нѣкоторымъ опредѣленнымъ непосредственнымъ измѣреніямъ сторонамъ и угламъ найти остальные части треугольника.

\* Дальнѣйшее изложеніе станетъ понятнѣе, если мы предварительно познакоимся съ такъ называемыми тригонометрическими величинами. Въ точкѣ  $C$ , какъ изъ центра, опишемъ кругъ  $ADBE$  произвольнымъ радиусомъ  $CA$  (рис. 30). Два взаимно перпендикулярныхъ диаметра  $AB$  и  $DE$  дѣлятъ кругъ и его окружность на четыре равныя части, называемыя квадрантами или четвертями. Назовемъ дугу  $AD$  первой четвертью,  $DB$  — второй,  $BE$  — третьей и  $EA$  — четвертой. Возьмемъ гдѣ-нибудь на первой четверти  $AD$  окружности точку  $A'$  и проведемъ къ ней радиусъ  $CA'$ . Загнемъ изъ точки  $A$  оцѣпимъ перпендикуляръ  $AP$  на диаметръ  $AB$ , а изъ начальной точки  $A$  возставимъ къ диаметру  $AB$  перпендикуляръ  $AL$ , пересѣкающійся съ продолженіемъ радиуса  $CA'$  въ точкѣ  $L$ . Въ такомъ случаѣ отношенія длинъ  $AP$ ,  $CP$  и  $AL$  къ длинѣ радиуса  $CA$  называются соответственно синусомъ, косинусомъ и тангенсомъ угла  $ACA'$ . Если уголъ  $ACA'$  назовемъ буквой  $\alpha$ , то эти такъ называемыя тригонометрическія величины обозначаются слѣдующимъ образомъ:

$$\frac{AP}{CA} = \text{Sin } \alpha, \quad \frac{CP}{CA} = \text{Cos } \alpha, \quad \frac{AL}{CA} = \text{tg } \alpha.$$

Рассмотримъ далѣе прямоугольные треугольники  $APC$  и  $LAC$ . Сторона прямоугольнаго треугольника, лежащая противъ прямого угла, называется гипотенузой, другія его стороны — катетами. Въ прямоугольномъ треугольникѣ  $APC$  гипотенуза  $A'C$  равна радиусу  $AC$  круга  $ADBE$ . Но такъ какъ радиусъ  $AC$ , по предыдущему, совершенно произволенъ, то, по основаніи вышеприведенныхъ формулъ, заключаемъ, что во всякомъ прямоугольномъ треугольникѣ  $APC$  катетъ  $AP$ , лежащій противъ угла  $ACP = \alpha$ , равенъ гипотенузѣ  $A'C$ , умноженной на синусъ этого угла, а катетъ  $CP$ , прилежащій къ углу  $\alpha$ , равенъ гипотенузѣ  $A'C$ , умноженной на косинусъ того-же угла. Точно также въ прямоугольномъ треугольникѣ  $LAC$  катетъ  $AL$  есть не что иное, какъ радиусъ круга  $ADBE$ . Поэтому, подобно предыдущему, вывоимъ, что во всякомъ прямоугольномъ треугольникѣ  $LAC$  катетъ  $LA$ ,

противулежащій углу  $ACP = \alpha$ , равенъ другому катету  $AC$ , умноженному на тангенсъ этого угла  $\alpha$ .

Изъ рассмотрѣнія рис. 30 легко заключаемъ, что если  $\alpha = 0^\circ$ , то  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = 0$  и  $\cos \alpha = 1$ . Если же  $\alpha = 90^\circ$ , то  $\sin \alpha = 1$ ,  $\cos \alpha = 0$  и  $\operatorname{tg} \alpha$  обращается въ безконечность.

Если мы на рисункѣ 30 изъ точки  $A'$  опустимъ перпендикуляръ  $AF$  на диаметръ  $DE$ , то, считая точку  $D$  за начало первой четверти  $DA$  и называя уголъ  $ACF$  буквой  $\beta$ , мы, подобно предыдущему получаемъ:

$$\frac{AF}{DC} = \frac{PC}{DC} = \sin \beta, \quad \frac{FC}{DC} = \frac{AP}{DC} = \cos \beta.$$

Но такъ какъ  $DC = AC$ , то, сравнивая эти формулы съ вышеприведенными и замѣчая, что  $\beta = 90^\circ - \alpha$ , находимъ слѣдующія соотношенія

$$\sin \alpha = \cos (90^\circ - \alpha), \quad \cos \alpha = \sin (90^\circ - \alpha).$$

Для облегченія вычисленія тригонометрическихъ величинъ составлены особыя таблицы. Этими краткими свѣдѣнiami о тригонометрическихъ величинахъ мы и ограничимся. \*

I. Положимъ, что въ некоторый предметъ  $L$  (рис. 31) въ полѣ отдѣленъ рѣвкой или непроходимымъ болотомъ отъ наблюдателя, который можетъ перемѣщаться по линiи  $CC'$  и нѣсколько въ ту или другую сторону отъ нея. Если необходимо опредѣлить разстоянiе отъ  $C'$  до предмета  $L$ , то на нѣкоторомъ направленiи  $BL$ , проходящемъ черезъ  $L$ , выберемъ точку  $A$  такъ, чтобы она служила основанiемъ перпендикуляра  $CA$ , опущеннаго изъ точки  $C$  на это направленiе  $BL$ . Измѣривъ мѣрительною цѣбью или стальной лентой длину  $CA$  и опредѣлимъ также, при помощи какого-нибудь угломернаго прибора, уголъ  $LCA$ . Въ такомъ случаѣ въ прямоугольномъ треугольникѣ  $LCA$  намъ извѣстны сторона  $CA$  и уголъ  $LCA$ , и мы, на основанiи правилъ тригонометрiи, можемъ найти стороны  $LA$  и  $LC$ , т. е. разстоянiе предмета  $L$  до наблюдателя. Въ самомъ дѣлѣ, согласно съ вышеизложеннымъ имѣемъ,

$$AL = AC \cdot \operatorname{tg} C,$$

$$CL = \frac{AC}{\cos C}.$$

Если, напр., на основанiи непосредственныхъ измѣренiй линiя  $CA$  оказалась равной 100 метрамъ, а уголъ  $C = 70^\circ$ , то мы по предыдущимъ формуламъ найдемъ

$$LA = 274,75 \text{ метровъ и } LC = 292,38 \text{ метровъ.}$$

Можно избѣжать вычисленiй, основанныхъ на тригонометрiи, и воспользоваться указаннымъ выше (§ 23) графическимъ приемомъ: нарисуемъ на листѣ бумаги маленький треугольникъ, подобный данному, проведемъ линiю  $AC'$  длиной напр., въ 10 сантим., построимъ въ точкѣ  $A$  къ ней перпендикуляръ  $AL$ , а въ точкѣ  $C$  проведемъ линiю  $CL$  подъ угломъ въ  $70^\circ$ , измѣривъ длину линiй  $AL$  и  $LC$ , получимъ 27,48 сантим. и 29,24 сантим. А такъ какъ мы длину сторонъ уменьшили въ отношенiи 100 м. къ 10 сантим., т. е. къ 1000 разъ, то искомыя длины будутъ 274,8 м. и 292,4 м.

II. Чтобы найти высоту башни  $AB$  надъ горизонтомъ  $AC'$  (рис. 32), измѣривъ длину горизонтальной линiи  $AC'$  отъ основанiя  $A$  башни до какой-нибудь произвольной точки  $C$  и въ этой послѣдней опредѣлимъ уголъ  $ACB$ . Тогда искомая высота башни вычислится по формулѣ:

$$AB = AC \cdot \operatorname{tg} ACB.$$

Напр., если  $AC = 20$  метрамъ, а уголъ  $ACB = 26^\circ$ , то искомая высота башни получается равной 9,75 метрамъ. Тоже самое мы получили бы, построивъ маленький треугольникъ, подобный данному, и сдѣлавъ въ немъ соответственныя измѣренiя.

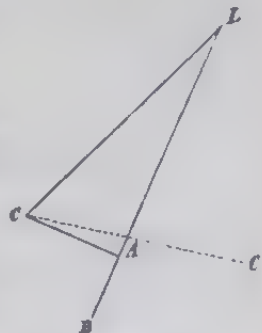


Рис. 31.

Въ предыдущемъ предпологаемъ, что наблюдатель можетъ отъ точки  $C$  подойти къ основанію башни  $A$ , и что такимъ образомъ возможно непосредственное измѣреніе линіи  $AC$ . Если же башня отдѣлена отъ наблюдателя, напр., рѣкой, то на линіи  $CA$ , соединяющей точку



Рис. 32.

$C$  съ основаніемъ башни  $A$ , выбираютъ какую-нибудь удобоизмѣримую ея часть  $CD$ , называемую базисомъ, и измѣряютъ какъ длину базиса  $CD$ , такъ и углы  $ACB$  и  $ADB$  въ точкахъ  $C$  и  $D$ . Тригонометрическія вычисленія въ этомъ случаѣ сложнѣе, чѣмъ въ предыдущихъ двухъ; поэтому прибѣгнемъ къ графическому рѣшенію задачи (§ 23). Построивъ на бумагѣ по даннымъ, полученнымъ изъ наблюдений, треугольникъ, подобный треугольнику  $BCD$ , мы найдемъ длину линіи  $BC$ . Загнѣвъ изъ прямоугольнаго треугольника  $BAC$ , получимъ:

$$BA = BC \sin ACB.$$

Впрочемъ, высоту  $BA$  мы могли бы также найти графическимъ способомъ.

III. Посмотримъ далѣе, какъ опредѣляется разстояніе  $AB$  между двумя недоступными точками  $A$  и  $B$  (рис. 33) на земной поверхности. Для этого въ той же горизонтальной плоскости, въ которой лежитъ линія  $AB$ , выбираютъ произвольную, но вполнѣ доступную линію  $CD$ , которой также называется базисомъ, и загнѣвъ измѣрительную цѣпь измѣряютъ ея длину, а углоизмѣрнымъ инструментомъ—углы  $ACD$ ,  $BCD$ ,  $BDC$ ,  $ADC$ .

Пользуясь этими данными, мы можемъ построить на бумагѣ треугольники, подобные треугольникамъ  $ACD$  и  $BCD$  и такимъ образомъ графически опредѣлить положеніе точекъ  $A$  и  $B$  въ плоскости рисунка. Чтобы опредѣлить искомое разстояніе между точками  $A$  и  $B$  на мѣстности, надо измѣренное въ плоскости рисунка разстояніе  $AB$  увеличить во столько разъ, во сколько разъ, базисъ  $CD$ , при построении треугольничковъ  $ACD$  и  $BCD$ , былъ уменьшенъ сравнительно съ его истинной длиной на земной поверхности.

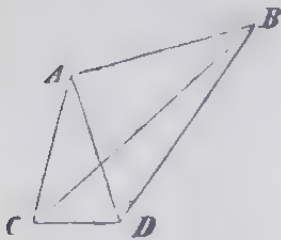


Рис. 33.

IV. Всего предыдущаго совершенно достаточно, чтобы составить понятіе объ измѣреніи разстояній между такими предметами, изъ которыхъ одинъ или даже оба совершенно недоступны для насъ. Эти разстоянія опредѣляются при помощи вычисленій или графическихъ построеній, основанныхъ

на непосредственныхъ измѣреніяхъ, и потому точность ихъ опредѣленія тѣмъ больше, чѣмъ надежнѣе произведенныя измѣренія. Кроме того, при опредѣленіи высоты башни  $AB$  (рис. 32) или при опредѣленіи разстоянія между недоступными точками  $A$  и  $B$  (рис. 33) окончательные результаты должны быть тѣмъ точнѣе, чѣмъ длиннѣе базисъ  $CD$ , предварительно выбираемый на мѣстности. Если же базисъ  $CD$  очень малъ сравнительно съ разстояніями  $AC$  и  $BD$ , то углы, измѣренные на концахъ базиса  $C$  и  $D$ , будутъ лишь весьма нечисто различаться другъ отъ друга. Въ такомъ случаѣ малѣйшая ошибка въ измѣреніи базиса или въ опредѣленіи угловъ оказываетъ весьма вредное вліяніе на опредѣляемую величину  $AB$ . Въ геодезій вѣдѣніи положенія и величины базиса въ большинствѣ случаевъ зависятъ отъ насъ самихъ. Въ астрономіи же дѣло обстоитъ иначе. И длиннѣе базисы, которые мы только можемъ вообразить себѣ на земномъ шарѣ, представляются почти совершенно ничтожными величинами въ сравненіи съ разстояніями до большинства небесныхъ тѣлъ, и потому эти разстоянія не могутъ быть опредѣлены съ желаемою точностью.

§ 40. Суточный параллаксъ свѣтилъ. Примѣнимъ вышеизложенное къ опредѣленію разстоянія до небесныхъ тѣлъ. На рисункѣ 34 точка  $C$  есть центръ земли, линія  $LA$  представляетъ горизонтъ наблюдателя, находящагося въ точкѣ  $A$ , и образуетъ съ радіусомъ

земли  $AC$  прямой уголъ  $LAC$ . Наблюдателю, находящемуся въ  $A$ , свѣтило  $L$  кажется восходящимъ. Продолжимъ линію, по направленію которой наблюдатель усматриваетъ свѣтило  $L$ , до пересѣченія съ небесной сферой въ точкѣ  $a$ . Очевидно, наблюдателю въ  $A$  свѣтило  $L$  представляется находящимся около звѣзды  $a$ ; а если бы наблюдатель могъ помѣститься въ центрѣ  $C$  земли, то онъ усматривалъ бы тоже самое свѣтило  $L$  по направленію линіи  $CL$  т. е. возлѣ звѣзды  $c$ .

Уголъ, образуемый линіями  $Aa$  и  $Cc$  при точкѣ  $L$ , называется горизонтальнымъ параллаксомъ свѣтила. Его мы будемъ обозначать буквой  $P$ . Изъ рисунка 34 ясно, что параллаксъ свѣтила  $L$  есть уголъ, подъ которымъ изъ центра свѣтила усматривается радіусъ земли  $CA$ . Если горизонтальный параллаксъ какого-нибудь свѣтила  $L$  намъ извѣстенъ, то безъ всякаго затрудненія можетъ быть определено и его разстояніе  $LC'$  до центра земли. Въ самомъ дѣлѣ, въ треугольникѣ  $LAC$ , прямоугольномъ при  $A$ , извѣстны сторона  $CA$  и уголъ  $ALC = P$ . По правиламъ тригонометрии, мы можемъ найти сторону  $LC'$ . Очевидно, что задача объ опредѣленіи разстоянія свѣтила  $L$  до центра земли тождественна съ первой задачей предыдущаго параграфа. Мы имѣемъ.

$$CL = \frac{AC}{\sin P}$$

Такъ, напр., горизонтальный параллаксъ луны составляетъ круглымъ числомъ  $57'$ , а радіусъ земли 6380 кілометровъ. Поэтому, разстояніе луны отъ центра земли равно  $\frac{6380}{\sin 57'} = 385\ 000$  кілометрамъ.

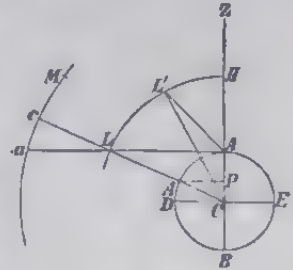


Рис. 34

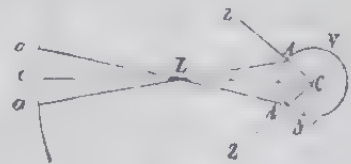


Рис. 35.

§ 41. Опредѣленіе суточного параллакса. Мож-

но себѣ представить нѣсколько различныхъ способовъ опредѣленія параллакса свѣтилъ изъ наблюденій. Но въ большинствѣ случаевъ эти способы, совершенно вѣрные съ теоретической точки зрѣнія, на практикѣ оказываются невыполнимыми. Изъ рисунка 34 мы легко усматриваемъ, что параллаксъ свѣтила  $L$  былъ бы опредѣленъ, если бы въ двухъ мѣстахъ  $A'$  и  $A$ , изъ которыхъ въ одномъ свѣтило  $L$  представляется наблюдателю находящимся въ зенитѣ, а въ другомъ—на горизонтѣ, было возможно одновременно измѣрить разстоянія  $Mc$  и  $Ma$  отъ этого свѣтила до соседней неподвижной звѣзды  $M$ . Разность  $ac$  этихъ видимыхъ разстояній и была бы равна искомому горизонтальному параллаксу свѣтила  $L$ . Но помимо другихъ затрудненій, какъ отыскать на поверхности земного шара два мѣста  $A'$  и  $A$  удовлетворяющія со всею необходимою точностью приведеннымъ выше условіямъ?

Болѣе вѣрнѣеобразный способъ опредѣленія разстоянія до свѣтила заключается въ слѣдующемъ. Пусть  $C$  есть центръ земли, а  $NN'$  земная ось (рис. 35). Выберемъ на земномъ шарѣ 2 мѣста  $A$  и  $A'$ , лежащія на одномъ меридіанѣ  $NAA'N'$ , но по разныя стороны отъ экватора. Очевидно, что свѣтило  $L$  въ этихъ мѣстахъ кульминируетъ въ одно и то же время. Положимъ, что наблюдатели въ  $A$  и въ  $A'$  измѣряютъ во время кульминаціи свѣтила  $L$  его зенитныя разстоянія, т. е. углы  $LAZ$  и  $LA'Z$ , образуемая лучами зрѣнія  $LA$  и  $LA'$  съ продолженными радіусами земли  $CA$  и  $CA'$ . Въ четырехугольникѣ  $LACA'$  будутъ извѣстны внутренніе углы  $LAC$  и  $LA'C$ , а также уголъ  $ACA'$ , такъ какъ онъ равенъ суммѣ географическихъ широтъ мѣстъ наблюденія  $A$  и  $A'$  (Введ., § 12 и § 13).  $A$  и  $A'$ . Такимъ образомъ въ четырехугольникѣ  $LACA'$  извѣстны двѣ стороны  $AC$  и  $A'C$ , какъ радіусы земли, и прилежащіе къ нимъ углы. Этого достаточно, чтобы при помощи тригонометрическихъ вычисленій или графическаго построенія, опредѣлить разсто-

яния  $AL$  и  $AL'$  светила  $L$  до мѣстъ наблюденія  $A$  и  $A'$ , а также и разстояніе  $CL$  светила отъ центра земли.

Этотъ способъ требуетъ, чтобы оба наблюдателя находились въ точности на одномъ и томъ же меридианѣ, такъ какъ иначе опредѣленія зенитныхъ разстояній светила не могутъ быть одновременными, и, если светило, кромѣ того, имѣетъ собственное движеніе, каковы, напр., луна или планеты, то приведеніе наблюденій къ одному общему моменту со всею необходимою точностію часто представляетъ большія затрудненія.

Впрочемъ, если светило находится очень близко къ землѣ, какъ, напр., луна, то его параллаксъ можетъ быть опредѣленъ только однимъ наблюдателемъ. Когда луна  $L$  (рис. 34) кажется наблюдателю  $A$  восходящей, онъ ее видитъ на небесной сферѣ возлѣ звѣзды  $a$ ; изъ центра же  $C$  земли онъ ее увидѣть бы возлѣ звѣзды  $c$ . Но такъ какъ наблюдатель не имѣетъ той звѣзды  $c$ , возлѣ которой онъ увидѣть бы луну изъ центра земли, то для него дуга  $ac$  остается невидимой; но черезъ нѣсколько часовъ, если мѣсто наблюденія  $A$  выбрано надлежащимъ образомъ, луна пройдетъ черезъ зенитъ  $Z$  того-же наблюдателя, и въ этомъ случаѣ обѣ линіи  $LA$  и  $LC$  совпадутъ одна съ другою и съ линіею  $CAZ$ . Такимъ образомъ, наблюдатель, находясь ли онъ въ мѣстѣ наблюденія  $A$  или въ центрѣ земли  $C$ , въ этотъ моментъ долженъ видѣть луну около одной и той-же звѣзды  $c$ . Следовательно, остается только измѣрить разстояніе этой звѣзды  $c$  отъ звѣзды  $a$ , чтобы получить искомый горизонтальный параллаксъ  $ac$  луны  $L$ . Еще лучше наблюдать луну при ея восхождѣ и закатѣ, при ея закатѣ. Такимъ образомъ опредѣлится удвоенный горизонтальный параллаксъ, и небольшія ошибки наблюденій, совершенно избѣжать которыхъ невозможно, окажутъ меньшее вліяніе на окончательный результатъ.

Замѣтимъ, что, если светило  $L$  находится не на горизонтѣ наблюдателя  $A$ , а на нѣкоторой высотѣ  $LAL'$  (рис. 34), то уголъ  $ALC'$ , подъ которымъ изъ центра этого светила усматривается радиусъ земли  $CA$ , называется параллаксомъ высоты светила. Параллаксъ высоты тѣмъ меньше, чѣмъ больше высота  $LAL'$  светила  $L$  надъ горизонтомъ. Въ зенитѣ, когда высота  $90^\circ$ , параллаксъ равенъ нулю.

§ 42. Точность опредѣленія разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земли. Разстояніе отъ светила до центра земли опредѣляется тѣмъ точнее, чѣмъ больше параллаксъ светила, или что то-же самое, чѣмъ меньше это разстояніе. Изъ рисунка 34 мы видимъ, что для очень удаленнаго отъ земли светила  $L$ , линіи  $AL$  и  $CL$  дѣлаются почти совершенно параллельными. Въ такомъ случаѣ, влѣдствіе незначительныхъ ошибокъ наблюденія, весьма сильно измѣняется положеніе точки пересѣченія этихъ линій, а черезъ это, и самое разстояніе светила  $L$  до земли. Такъ, напр., если горизонтальный параллаксъ луны измѣнить на  $1''$ , а именно вмѣсто  $0^\circ 57' 0''$  принять  $0^\circ 57' 1''$ , то разстояніе отъ луны до земли уменьшится съ 385100 километровъ до 385000 километровъ, т. е. приблизительно на  $\frac{1}{4000}$ -ую его часть. Напротивъ того, увеличеніе на  $1''$  горизонтального параллакса солнца, равнаго  $885''$ , влечетъ за собою измѣненіе разстоянія отъ солнца до земли съ 148,5 до 133,4 милліоновъ километровъ, т. е. болѣе, чѣмъ на  $\frac{1}{10}$  его часть!

Отсюда ясно, что съ уменьшеніемъ параллакса светила, быстро уменьшается точность опредѣленія ихъ разстоянія до земли. Уголъ равный  $1''$ , составляетъ  $\frac{1}{420000}$ -ую часть окружности круга; это такая малая величина, которая съ достаточною точностію можетъ быть измѣрена только лучшими нашими инструментами, притомъ при благопріятныхъ обстоятельствахъ и при надлежащей осторожности наблюдателя.

Слѣдуетъ замѣтить, какъ мы имѣемъ возможность производить точныя измѣренія при помощи весьма хорошихъ инструментовъ, мы на многие предметы стали смотрѣть иначе, чѣмъ прежде, когда мы должны были довольствоваться лишь впечатлѣніемъ нашихъ чувствъ. При помощи изготовляемыхъ нынѣшними механиками весьма совершенныхъ инструментовъ, слабѣйшихъ точно раздѣленными кругами и превосходными грубами, мы можемъ не

только разсматривать предметы, самаго существованія которыхъ наши предки даже не подозревали, но и наблюдать ихъ въ настоящемъ смыслѣ этого слова, т. е. мы можемъ производить точныя измѣренія, на основаніи этихъ измѣреній съ большою увѣренностью строить наши дальнѣйшія заключенія и такимъ путемъ поемному раскрывать тайны природы, которыя раньше были отъ насъ совершенно скрыты. Но какъ бы въ настоящее время ни были обширны наши знанія о природѣ и ея заколахъ, знанія достигнутыя благодаря замѣчательному усовершенствованію инструментовъ, а также благодаря необыкновенному развитію математическаго анализа, этого могущественнаго пособія при изслѣдованіи природы, все же еще весьма большая часть этого необозримаго поля остается неизслѣдованной и скрытой отъ насъ во мракѣ. Нашимъ болѣе счастливымъ потомкамъ предстоитъ побѣдить непреодолимыя для насъ препятствія, расширить границы научныхъ завоеваній и своею энергіей и новыми усовершенствованіями вспомогательныхъ средствъ увеличить тотъ сравнительно небольшой запасъ знаній, который мы оставимъ имъ въ наследство. Мы скоро увидимъ, что въ астрономіи уже сдѣлано, что остается еще сдѣлать, и дальше чего въ настоящее время мы не можемъ идти въ этой наукѣ, въ которой умъ человеческій все же проникъ дальше, чѣмъ во всякой другой.

§ 43. **Опредѣленіе размѣровъ небесныхъ тѣлъ.** Если свѣтило представляется намъ въ видѣ круглаго диска, видимый диаметръ котораго доступенъ для измѣреній, то, зная разстояніе отъ свѣтила до земли, мы безъ труда опредѣлимъ также и размѣры этого свѣтила. При этомъ необходимо замѣтить, что видимымъ радиусомъ свѣтила называется тотъ уголъ  $COR$  (рис. 36), подъ которымъ глазу  $O$  представляется истинный радиусъ его  $CR$ . Обозначимъ видимый радиусъ свѣтила буквой  $H$ . Тогда изъ прямоугольнаго треугольника  $OCR$  получаемъ:

$$CR = CO \times \sin H.$$

Линія  $CO$  есть разстояніе отъ свѣтила до земли; на основаніи положеннаго въ § 40 это разстояніе равно:

$$CO = \frac{6380}{\sin P} \text{ вкл.,}$$

гдѣ буквой  $P$  обозначенъ горизонтальный параллаксъ свѣтила. Поэтому имѣемъ:

$$CR = 6380 \frac{\sin H}{\sin P} \text{ вкл.}$$

Такъ какъ  $H$  и  $P$  суть весьма малые углы, то, по правиламъ тригонометрии, ихъ синусы можно замѣнить соответственными дугами. Следовательно:

$$CR = 6380 \frac{H}{P} \text{ вкл.}$$

Такъ, напр., при среднемъ удаленіи земли отъ солнца, горизонтальный параллаксъ этого послѣдняго  $P = 8,85'$ , а видимый радиусъ  $H = 16' 2'' = 962''$ . Поэтому истинный радиусъ солнца

$$CR = 6380 \times \frac{962}{8,85} = 6380 \times 108,7 = 693\,500 \text{ вкл.}$$

Такимъ образомъ истинный радиусъ солнца въ 109 разъ больше радиуса земли. Такъ какъ поверхности двухъ шаровъ относятся какъ квадраты ихъ радиусовъ, а объемы какъ кубы, то поверхность солнца въ 11820 разъ больше поверхности земли, а его объемъ въ 1\,284\,000 разъ превосходитъ объемъ послѣдней. Это значитъ, что изъ солнца можно сдѣлать болѣе чѣмъ  $1\frac{1}{4}$  миллионъ такихъ шаровъ, какъ наша земля.

Сдѣлаемъ подобныя же вычисленія для луны. При среднемъ удаленіи луны отъ земли ея горизонтальный параллаксъ  $P = 57'' = 3420''$ , а видимый радиусъ  $H = 15' 33'' = 933''$ . Поэтому истинный радиусъ луны



Рис. 36.

$$CR = 6380 \times \frac{933}{3420} = 0,273 \times 6380 = 1740 \text{ км.}$$

Слѣдовательно, истинный радиус луны приблизительно въ 4 раза меньше радиуса земли, поверхность луны въ 13 разъ, а объемъ въ 49 разъ меньше поверхности и объема земли.

§ 44. **Годичный параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ.** Выше (§ 41) мы изложили способъ опредѣленія параллакса какого-нибудь свѣтила изъ наблюдений и вычислили разстоянія отъ луны и солнца до земли. Хотя одно изъ этихъ тѣлъ удалено отъ насъ на сотни тысячъ, а другое даже на миллионы километровъ, все же они находятся сравнительно близко къ намъ, по крайней мѣрѣ настолько близко, что радиусъ нашей земли не есть величина, исчезающая въ сравненіи съ разстояніями отъ этихъ тѣлъ до земли. Горизонтальный параллаксъ Венеры, самой далекой планеты нашей солнечной системы, составляетъ всего только 0,3". Такую малую величину мы не можемъ опредѣлить изъ наблюдений по вышеописанному способу, онъ получается при помощи вычислений на основаніи третьяго закона Кеплера (§ 77).

Вычисленіе же параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ, а слѣдовательно и разстояній отъ нихъ до земли на основаніи подобныхъ теоретическихъ соображеній невозможно, такъ какъ звѣзды не движутся подобно планетамъ около земли. Точно также попытки опредѣленія параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ изъ наблюдений при помощи одного изъ вышеописанныхъ способовъ не привели бы ни къ какому результату. Мы уже сказали, что такимъ путемъ не можетъ быть опредѣленъ даже параллаксъ Венеры, а между тѣмъ весьма многія обстоятельства приводятъ насъ къ заключенію, что неподвижныя звѣзды удалены отъ насъ еще дальше, чѣмъ Нептунъ.

Выше (§ 42) мы видѣли, что въ способахъ опредѣленія параллаксъ важную роль играетъ такъ называемый базисъ, и что чѣмъ длиннѣе этотъ послѣдній, тѣмъ точнѣе получается окончательный результатъ. На земномъ шарѣ наибольшій базисъ, которымъ мы можемъ воспользоваться, есть его диаметръ, равный 12760 километрамъ и въ 10 разъ превосходящій разстояніе отъ Вены до Парижа. Но и такой большой базисъ представляется совершенно исчезающей величиной въ сравненіи съ разстояніями отъ неподвижныхъ звѣздъ до земли. Пока не будетъ изобрѣтъ какой-нибудь другой базисъ, превосходящій по длинѣ земной диаметръ, до тѣхъ поръ мы не можемъ опредѣлить разстояній звѣздъ до земли. Звѣзда, находящаяся отъ насъ въ разстояніи билліона километровъ, должна имѣть параллаксъ, равный 0,001". Это такая малая величина, которую человѣческій глазъ никогда не въ состояніи замѣтить, не смотря на возможныя съ теченіемъ времени усовершенствованія нашихъ инструментовъ.

На основаніи доводовъ, приведенныхъ въ предыдущей главѣ, годовое движеніе земли около солнца представляется намъ въ высшей степени вѣроятнымъ. Но если земля въ дѣйствительности совершаетъ движеніе около солнца, то, благодаря этому движенію, мы, не только можемъ имѣть базисъ большей длины, чѣмъ земной диаметръ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, является возможность блестящимъ образомъ доказать самое движеніе земли. Въ самомъ дѣлѣ, если земля въ теченіе года совершаетъ свое движеніе около солнца по кругу, радиусъ котораго равенъ 150 миллионамъ километровъ, то въ два момента, отдѣленные другъ отъ друга полугодовымъ промежутокъ времени, мы, вмѣстѣ съ нашимъ мировымъ кораблемъ—землей, только находимся на различныхъ концахъ одного и того-же діаметра, т. е. въ двухъ точкахъ небеснаго пространства, отстоящихъ другъ отъ друга на 300 миллионныхъ километровъ. Наблюдая однѣ и тѣ же звѣзды съ различныхъ концовъ такого огромнаго базиса, мы уже можемъ замѣтить некоторыя измѣненія въ ихъ положеніяхъ на небесной сферѣ. Такимъ образомъ, при опредѣленіи размѣровъ небеснаго пространства мы пользуемся новой единицей длины, которая въ 24 000 разъ больше земнаго діаметра. Съ тѣхъ далекихъ свѣтилъ, съ которыхъ радиусъ земли представляется совсемъ незамѣтной точкой, эта новая единица длины,

т. е. радіусъ пути, описываемаго землей около солнца, должна усматриваться уже по нѣкоторымъ угломъ, хотя и очень малымъ, но все-же доступнымъ для измѣренія нашими инструментами.

Со времянь Коперника, т. е. съ тѣхъ поръ, какъ стало извѣстно движеніе земли, астрономы прилагали старанія, чтобы открыть вышеупомянутыя измѣненія въ положеніи неподвижныхъ звѣздъ на небесной сферѣ и чтобы такимъ образомъ поставить въ всякаго сомнѣнія движеніе земли. Несмотря, однако, на все старанія, въ теченіе долгаго времени не могли напасть ни на какіе слѣды такихъ измѣненій. Превосходныя астрономическія трубы, самыя совершенныя инструменты, усилія многихъ выдающихся астрономовъ—все это долгое время не приводило ни къ какимъ результатамъ. Тѣхъ измѣненій, которыя астрономы надѣялись открыть, повидимому, не существовало: вся небесная сфера съ безчисленнымъ множествомъ звѣздъ имѣла одинъ и тотъ же видъ, съ какого бы конца огромнаго базиса, въ 300 милліоновъ километровъ длиною, мы на нее ни смотрѣли. Все эти попытки астрономовъ, потратившихъ на нихъ массу времени и труда, уподобились безплоднымъ стараніямъ маленькаго червячка, разсматривающаго вершину далекой горы сначала съ одного, а потомъ съ другаго конца зернышка проса, на которомъ онъ живетъ.

Къ какимъ же заключеніямъ должны были привести эти неудачныя попытки? Къ одному изъ двухъ: или что земля не движется около солнца, и тогда не можетъ быть и рѣчи о вышеупомянутыхъ измѣненіяхъ въ положеніи звѣздъ на небесной сферѣ, или что звѣзды находятся на такихъ огромныхъ разстояніяхъ отъ насъ, въ сравненіи съ которыми базисъ въ 300 милліоновъ километровъ длиною есть не болѣе, какъ ничтожная точка.

Въ слѣдующей главѣ мы увидимъ, что Брадлей еще въ серединѣ XVIII столѣтія, стараясь при помощи наблюденій открыть параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ, попалъ на совершенно другое, но тоже непосредственное доказательство движенія земли. Слѣдовательно, принять первое изъ вышеуказанныхъ заключеній было невозможно и оставалось допустить, что разстоянія отъ звѣздъ до земли безконечно велики. Въ серединѣ прошлаго столѣтія, между 1835 и 1840 годами, когда многіе уже начали сомнѣваться въ успѣхъ новѣйшихъ попытокъ опредѣленія разстояній отъ звѣздъ до земли, почти одновременно Бессель въ Кенигсбергѣ, В. Струве въ Пулковѣ и Гендерсонъ на мысѣ Доброй Надежды опредѣлили параллаксъ трехъ различныхъ звѣздъ. За этими первыми опредѣленіями послѣдовали рядъ другихъ, такъ что теперь намъ съ большею или меньшею точностью извѣстны параллаксъ болѣе чѣмъ 20 неподвижныхъ звѣздъ. Болѣе подробное разсмотрѣніе въ высшей степени интересныхъ изслѣдованій относительно строенія и разбѣровъ вселенной мы отложимъ до главы XV второй части, теперь же замѣтимъ только, что тотъ уголъ, подъ которымъ съ какой-нибудь звѣзды усматривается радіусъ пути, описываемаго землей около солнца, называется годичнымъ параллаксомъ звѣзды.

## ГЛАВА VI.

### Аберрація неподвижныхъ звѣздъ.

§ 45. **Первыя, сюда относящіяся явленія.** Въ концѣ предыдущей главы мы уже упомянули о наблюденіяхъ, которыя Джемсъ Брадлей произвелъ съ цѣлію изслѣдованія параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ. Онъ началъ ихъ въ концѣ 1725 года въ мѣстечкѣ Кью совмѣсто съ Самуиломъ Молниѣ. Особенное вниманіе въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ наблюдатели обращали на звѣзду  $\gamma$  Draconis, которая для этого города проходитъ черезъ меридіанъ недалеко отъ зенита. При этомъ Брадлей пользовался превосходнымъ



звездным секторомъ работы Грахама. При помощи этого инструмента онъ замѣтилъ періодическія измѣненія въ положеніи звезды на небѣ, періодъ которыхъ равнялся одному году. Мы знаемъ, что вслѣдствіе годичнаго параллакса, если только онъ, вообще, существуетъ, звезда должна также въ теченіе года періодически измѣнять свое положеніе на небесной сферѣ. Поэтому Брайлей сначала полагалъ, что онъ открылъ наконецъ параллаксъ неподвижныхъ звездъ. Однако болѣе подробное изслѣдованіе замѣченныхъ имъ годичныхъ измѣненій въ положеніи звезды  $\gamma$  Draconis вскорѣ заставило его отказаться отъ этого предположенія.

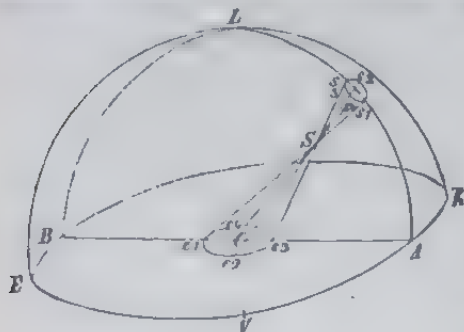


Рис. 37.

Если долгота (Введ., § 11) звезды въ какой-нибудь моментъ равна долготѣ солнца, то астрономы говорятъ, что звезда находится въ соединеніи съ солнцемъ. Если ихъ долготы различаются на  $180^\circ$ , то говорятъ, что звезда находится въ противостояніи съ солнцемъ. Наконецъ, если разность долготъ звезды и солнца составляетъ  $90^\circ$ , то говорятъ, что звезда находится въ квадратурѣ

съ солнцемъ. Соединеніе и противостояніе звезды съ солнцемъ называются также сизигіями.

Замѣченные Брайлеемъ измѣненія въ положеніи звезды  $\gamma$  Draconis выражались слѣдующимъ образомъ. Долгота этой звезды въ ея соединеніи съ солнцемъ была наименьшая, въ противостояніи наибольшая, а въ обѣихъ квадратурахъ равнялась своему среднему значенію. Широта же ея въ квадратурахъ достигала наибольшей и наименьшей величины, а въ обѣихъ сизигіяхъ равнялась своему среднему значенію. Такому же закону слѣдовали годичныя измѣненія въ положеніи другихъ звездъ, которыя Брайлей наблюдалъ своимъ секторомъ вмѣстѣ со звездой  $\gamma$  Draconis. Но при этомъ ему бросилось въ глаза, что разность между наибольшимъ и наименьшимъ значеніемъ долготы для всѣхъ звездъ была одинакова и составляла  $40.9'$ , между тѣмъ какъ годичныя измѣненія въ широтѣ звездъ уменьшались по мѣрѣ приближенія звезды къ эклиптикѣ и, наконецъ, для звездъ, лежащихъ на окружности эклиптики, широты оставались неизмѣнными въ теченіе цѣлаго года.

Легко показать, что эти измѣненія не могутъ быть слѣдствіемъ годичнаго параллакса звезды. Въ самомъ дѣлѣ, посмотримъ какому закону должны слѣдовать измѣненія, обусловливаемыя параллаксомъ.

Проведемъ прямыя линіи черезъ звезду  $S$  и черезъ различныя положенія землѣ на ея пути  $e_1, e_2, e_3$  (рис. 37). Эти прямыя линіи образуютъ поверхность конуса, основаніемъ которому служитъ путь землѣ  $e_1, e_2, e_3$  и вершина котораго совпадаетъ со звездой  $S$ . Продолжимъ всѣ эти линіи по другую сторону отъ звезды до пересѣченія съ поверхностью небесной сферы  $EKL$ . Кривая линія, проходящая черезъ всѣ полученныя такимъ образомъ точки пересѣченія, есть эллиптическая кривая  $s_1, s_2, s_3, s_4$ . На ней находятся всѣ тѣ положенія звезды, въ которыхъ мы усматриваемъ ее съ землѣ въ различные моменты въ теченіе года. Съ солнца же мы видѣли бы ее постоянно въ одномъ и томъ-же мѣстѣ небесной сферы, именно въ центрѣ эллипса  $s_1, s_2, s_3, s_4$ , т. е., въ той точкѣ, въ которой поверхность небесной сферы пересѣкается линіей, проходящей черезъ солнце  $C$  и вершину  $S$  вышеупомянутого конуса. Изъ этого простаго построенія тотчасъ слѣдуетъ, что звезду  $S$  мы усматриваемъ на эллипсѣ  $s_1, s_2, s_3, s_4$  относительно ея средняго мѣста, т. е. относительно центра эллипса, всегда въ сторонѣ, противоположной той, которую занимаетъ землѣ на своемъ пути  $e_1, e_2, e_3$  относительно солнца  $C$ . Если землѣ находится въ  $e_1$ , то звезду мы усматриваемъ въ  $s_1$  и въ этомъ положеніи широта звезды, очевидно, наименьшая. Въ

самомъ дѣлѣ, *ЕВКА* представляетъ эклиптику и *Е*—полюсь эклиптики: поэтому кругъ *АВВ* есть кругъ широты, и очевидно, что  $s_1$  есть та точка эллипса  $s_1s_2s_3s_4$ , которая лежитъ ближе всего къ эклиптикѣ и въ которой, слѣдовательно, широта звѣзды наименьшая. Въ тотъ моментъ, когда земля занимаетъ на своемъ пути положеніе  $e_1$ , звѣзда находится въ соединеніи съ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, въ этотъ моментъ солнце усматривается съ земли въ точкѣ *А* небесной сферы. Слѣдовательно, если буква *У* обозначаетъ точку весенняго равноденствія, то долгота солнца представляется дугой *УА*: но эта-же самая дуга выражаетъ также и долготу звѣзды. Точно также, когда земля занимаетъ положеніе  $e_3$ , звѣзда находится въ противостояніи съ солнцемъ, и въ этотъ моментъ широта звѣзды достигаетъ своего наибольшаго значенія. Долгота звѣзды въ обоихъ этихъ положеніяхъ земли равняется своему среднему значенію. Когда земля занимаетъ промежуточные положенія  $e_2$  и  $e_4$ , звѣзда находится въ квадратурахъ съ солнцемъ. Для перваго изъ этихъ положеній земли долгота звѣзды достигаетъ наибольшей величины, для втораго — наименьшей; широта въ обоихъ случаяхъ равняется своему среднему значенію. Словомъ, долгота каждой звѣзды, вслѣдствіе зависящихъ отъ параллакса перемѣщеній звѣзды на небесной сферѣ, въ сизигіяхъ равняется своему среднему значенію, а въ квадратурахъ дѣлается наибольшей или наименьшей. Широта, наоборотъ, въ квадратурахъ равняется своему среднему значенію, въ соединеніи дѣлается наименьшей, а въ прогностояніи наибольшей. Замѣченный же Брэдлеемъ измѣненія въ положеніи звѣздъ были совсѣмъ противоположны только что описаннымъ и были названы имъ абераціей неподвижныхъ звѣздъ.

Такъ какъ вслѣдствіе абераціи: 1) измѣняются положенія всѣхъ звѣздъ безъ исключенія, 2) измѣненія широты звѣздъ обуславливаются вѣднѣ положеніемъ звѣзды относительно эклиптики и, наконецъ, 3) измѣненія какъ долгота, такъ и широта имѣютъ периодическій характеръ, причемъ періодъ этихъ измѣненій равенъ году, т. е. тому промежутку времени, въ теченіе котораго земля совершаетъ полный оборотъ около солнца, то не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что эти перемѣщенія звѣздъ суть только кажущіяся, и что причину ихъ надо искать въ движеніи земли около солнца.

Прежде чѣмъ дать истинное объясненіе абераціи неподвижныхъ звѣздъ, мы сначала должны познакомить читателя съ опредѣленіемъ скорости свѣта.

§ 46. **Опредѣленіе скорости свѣта.** Среди планетъ, которыя, подобно землѣ, совершаютъ движеніе около солнца, наибольшее значеніе имѣетъ Юпитеръ, какъ по своимъ размѣрамъ, такъ и по тому, что онъ окруженъ 5-ю спутниками, изъ которыхъ 4 даже въ небольшія трубы представляются достаточно яркими звѣздочками. Эти четыре спутника были открыты тотчасъ послѣ изобрѣтенія астрономической трубы, и это открытіе составляетъ одну изъ самыхъ интересныхъ эпохъ въ исторіи астрономіи. Эти 4 спутника, совершая свое движеніе около Юпитера, почти каждую ночь вступаютъ въ тѣнь, отбрасываемую огромнымъ тѣломъ планеты въ сторону, противоположную солнцу. Такимъ образомъ съ поверхности Юпитера можно было-бы весьма часто любоваться затмѣніемъ его луны; но эти затмѣнія можно наблюдать и съ земли, пользуясь астрономическими трубами.

Еще Галилей замѣтилъ, что наблюденія этихъ затмѣній даютъ возможность опредѣлять географическую долготу какого-нибудь мѣста на земной поверхности и такимъ образомъ, имѣютъ весьма важное значеніе для мореплаванія и, вообще, для математической географіи. Далѣе, въ наблюдаемыхъ движеніяхъ спутниковъ Юпитера около этой планеты мы съ полнымъ правомъ можемъ видѣть прекрасное подтвержденіе справедливости новѣйшаго представленія о системѣ міра, представленія, начало которому положено Коперникомъ. Юпитеръ со своими спутниками представляетъ, такъ сказать, отдѣльную систему въ небесномъ пространствѣ. Въ этой системѣ, какъ въ зеркалѣ, мы видимъ вѣрное изображеніе всей нашей солнечной системы. Вышеупомянутый третій законъ Кеплера, на основаніи котораго по извѣстнымъ временамъ обращенія планетъ около солнца могутъ быть вычислены ихъ раз-

стояния до центрального светила, применимъ также и къ спутникамъ Юпитера. Нашъ интересъ къ Юпитеру съ его спутниками еще болѣе увеличивается тѣмъ, что наблюденія надъ этой системой даютъ возможность опредѣлить скорость свѣта.

Чтобы вышеупомянутыми затмѣнiami спутниковъ Юпитера воспользоваться для опредѣленія географическихъ долготъ, необходимо было на основаніи многочисленныхъ наблю-

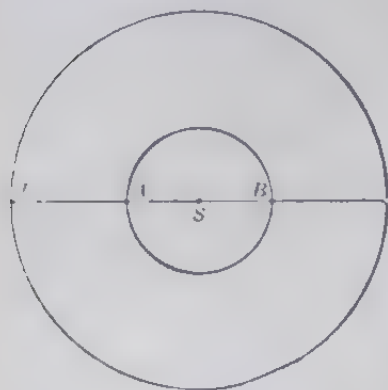


Рис. 38.

дений вывести времена обращеній спутниковъ около планеты и затѣмъ уже можно было вычислить напередъ тѣ моменты, въ которые должны произойти затмѣнія спутниковъ. Въ 1675 году, за 50 лѣтъ до открытія Брадлеемъ абераціи, датскій астрономъ Олафъ Рёмеръ замѣтилъ, что въ то время, когда Юпитеръ находится въ квадратурахъ съ солнцемъ, вычисленные моменты затмѣній его спутниковъ весьма хорошо согласуются съ наблюдаемыми, въ сизигіяхъ же между вычислениями и наблюденіями получается значительное разногласіе. Именно, онъ замѣтилъ, что въ оппозиціи Юпитера затмѣніе наблюдается приблизительно на  $8^1$  минутъ раньше, а въ соединеніи на столько-же позже вычисленного момента. Если  $J$  (рис. 38) есть Юпитеръ, а  $S$ —

солнце, то во время оппозиціи Юпитера земля находится въ  $A$ , а во время соединенія въ  $B$ . Въ послѣднемъ случаѣ земля отстоитъ отъ Юпитера дальше, чѣмъ въ первомъ, и разность разстояній равна диаметру  $AB$  круга, описываемаго землей около солнца. Этого было для Рёмера достаточно, чтобы объяснить, почему затмѣнія спутниковъ Юпитера иногда случаются раньше, а иногда запаздываютъ, сравнительно съ вычислениями.

Во время соединенія Юпитеръ отстоитъ отъ насъ на 300 милліоновъ километровъ

дальше, чѣмъ во время противостояній. Почему же мы въ первомъ случаѣ наблюдаемъ затмѣнія на  $16^m 36^s$  а, слѣдовательно, въ одну секунду онъ проходитъ 300 000 километровъ.

Эта скорость несравненно больше всѣхъ хорошо извѣстныхъ намъ скоростей, и нѣкоторые читатели по первому впечатлѣнію могутъ, пожалуй, усомниться въ справедливости этого результата. Мы видѣли раньше, что иногда небесныя явленія могутъ быть одинаково хорошо объяснены двумя различными гипотезами, и что на первый взглядъ не легко рѣшить, которая изъ этихъ двухъ гипотезъ истинная. Поэтому запаздываніе затмѣній спутниковъ Юпитера, быть можетъ, вызвано также отъ какой нибудь другой причины. Этотъ вопросъ, однако, легко можетъ быть разрѣшенъ.

За нѣсколько столѣтій раньше чѣмъ Рёмеръ обратилъ вниманіе астрономовъ на запаздываніе затмѣній спутниковъ Юпитера, уже дѣлались попытки опредѣлить скорость свѣта путемъ опыта, но эти попытки не привели ни къ какому опредѣленному результату. Во всякомъ случаѣ изъ произведенныхъ опытовъ можно было заключить, что скорость свѣта очень велика и что она во много разъ превосходитъ всѣ извѣстныя намъ скорости, не исключая также скорости пылечнаго ядра и скорости звука. Физики полагали даже, что скорость свѣта безконечно велика, иначе говоря, что свѣтъ пробѣгаетъ огромнѣйшія разстоянія въ неизмѣримо короткіе промежутки времени, такъ сказать, въ одинъ мигъ. Въ подобныхъ опытахъ тѣло сводится къ измѣренію нѣкотораго разстоянія, сравнительно не-

большого, примѣрно въ километръ, и къ опредѣленію того чрезвычайно малаго промежутка времени, въ теченіе котораго свѣтъ пробѣгаетъ это разстояніе. Но такъ какъ въ слѣдствіе несовершенства нашихъ чувствъ мы не можемъ непосредственно воспринимать очень короткіе промежутки времени, то для опредѣленія этихъ промежутковъ необходимо было воспользоваться какимъ-нибудь особеннымъ приспособленіемъ. Весьма остроумное приспособленіе придумалъ Физо въ Парижѣ въ 1849 году. Онъ получилъ помощью своего прибора для скорости свѣта величину весьма близкую къ той, которая выводится изъ астрономическихъ наблюденій. Физо установилъ двѣ зрительныя трубы  $AB$  и  $A'B'$  (рис. 39) такъ, чтобы черезъ одну изъ нихъ можно было ясно видѣть другую. Между фокусомъ и окуляромъ  $O$  трубы  $AB$  была установлена, подъ угломъ въ  $45^\circ$  къ оптической оси трубы, совершенно прозрачная стеклянная пластинка  $gg$ . Лучи свѣта, идущіе отъ лампы  $L$ , проходятъ черезъ маленькое отверстіе  $g'$  въ окулярномъ концѣ трубы, падаютъ на пластинку  $gg$ , отъ нея отражаются къ объективу  $B$  и затѣмъ направляются дальше къ трубѣ  $A'B'$ . Въ фокусъ  $B'$  этой второй трубы помѣщено зеркало, плоскость котораго перпендикулярна къ оптической оси трубы. Лучи свѣта, дойдя до этого зеркала, снова отражаются отъ него къ пластинкѣ  $gg$  и, пройдя черезъ эту послѣднюю, достигаютъ глаза наблюдателя  $O$ . Вблизи трубы  $AB$ , нѣсколько въ сторону отъ нея, установили круглый дискъ  $DD$ , снабженный на своей окружности зубцами. Этотъ дискъ, при помощи особаго механизма, можно приводить въ весьма быстрое вращеніе около линіи  $C$ , параллельной оптической оси трубы. Соответственная вырѣзка въ трубѣ  $AB$  дѣлаетъ это вращеніе возможнымъ. Устройство этой части прибора явнѣ видно на рис. 40, представляющемъ сѣченіе диска  $DD$  плоскостью, перпендикулярною къ оптической оси трубы. Двойной кругъ  $mm'$  есть сѣченіе трубы  $AB$ , а маленький кружечекъ, находящійся между зубцами  $\alpha$  и  $\beta$  и концентрическій съ кругомъ  $mm'$ , представляетъ сѣченіе пучка лучей свѣта, отраженнаго отъ пластинки  $gg$ . Дискъ  $DD$ , при вращеніи, долженъ, очевидно, пересѣкать этотъ пучокъ лучей свѣта своими зубцами. Положимъ, что дискъ  $DD$  вращается въ смѣль, указанную стрѣлкой. Пучокъ свѣта можетъ достигнуть второй трубы  $A'B'$  только тогда, когда онъ проходитъ черезъ промежутки между зубцами диска  $DD$ . Разсмотримъ одинъ такой пучокъ свѣта, прошедшій между зубцами  $\alpha$  и  $\beta$ . Если въ тотъ промежутокъ времени, въ который свѣтъ достигаетъ второй трубы  $A'B'$  и снова возвращается къ диску  $DD$ , этотъ послѣдній повернется на столько, что зубецъ  $\beta$  будетъ находиться какъ разъ на пути пучка свѣта, то свѣтъ, при своемъ возвращеніи отъ трубы  $A'B'$ , задержится этимъ зубцомъ и въ глазъ наблюдателя не попадетъ. Если дискъ  $DD$  вращается вдвое быстрѣе, то, при возвращеніи пучка свѣта отъ трубы  $A'B'$ , на его пути будетъ, очевидно, находиться промежутокъ между зубцами  $\beta$  и  $\gamma$ , и свѣтъ безпрятственно достигнетъ глаза наблюдателя. Точно также, если дискъ вращается втрое скорѣе, свѣтъ задержится зубцомъ  $\gamma$  и т. д.



Рис. 39.

Такимъ образомъ ясно, что, сообразно съ различными скоростями вращенія диска  $DD$ , свѣтъ то попадаетъ въ глазъ наблюдателя  $O$ , то задерживается зубцами диска. Если

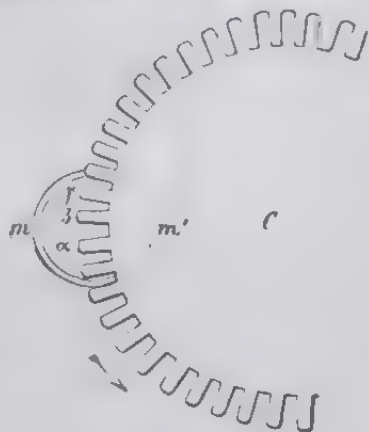


Рис. 40.

Если

мы опредѣлимъ скорость вращенія диска для тѣхъ случаевъ, когда наблюдается или наибольшая сила свѣта или совершенное потуханіе его, то, зная разстояніе между трубами *AB* и *AB'*, мы можемъ вычислить скорость свѣта. Этотъ опытъ вполне удается въ томъ случаѣ, когда трубы установлены на значительномъ разстояніи другъ отъ друга. Смотри въ окуляръ *O* трубы *AB*, мы видимъ свѣтлую точку, яркость которой, при возрастающей скорости вращенія диска *DD*, уменьшается отъ наибольшей своей величины до полного потуханія, проходя при этомъ черезъ всѣ промежуточные степени; затѣмъ она снова увеличивается и т. д. При опытахъ Физо первое потуханіе наблюдалось при вращеніи диска со скоростью 12,5 оборотовъ въ секунду, при двойной скорости вращенія блескъ свѣтящейся точки снова былъ наибольший, при тройной замѣчалось опять потуханіе и т. д. Первая труба была установлена на террасѣ одного дома въ мѣстечкѣ Сюренъ, другая — на высотахъ Монмартра, въ разстояніи 8633 метровъ. Дискъ былъ снабженъ 720 зубцами. Механизмъ, приводившій этотъ дискъ во вращеніе, былъ устроенъ такъ, что во всякій моментъ можно было сдѣлать отсчетъ, опредѣляющій скорость вращенія.

Посмотримъ же, какъ изъ данныхъ опыта вычислить скорость свѣта. Сообразно съ предыдущимъ, при вращеніи диска со скоростью 25 оборотовъ въ секунду блескъ свѣтящейся точки былъ наибольший. Слѣдовательно, въ то время какъ свѣтъ пробѣгалъ двойное разстояніе между трубами *AB* и *AB'*, т. е. 17,3 километра, дискъ *DD* поворачивался лишь на величину одного промежутка между зубцами. Промежутковъ между зубцами диска должно быть столько же, сколько самихъ зубцовъ, т. е. 720. Слѣдовательно, въ одну секунду времени въ трубѣ передъ глазомъ наблюдателя должно пройти  $25 \times 720 = 18000$  промежутковъ. Иначе говоря, продолжительность прохожденія одного промежутка передъ глазомъ наблюдателя въ опытѣ Физо составляла только  $\frac{1}{18000}$  секунды! Въ такой короткій промежутокъ времени свѣтъ пробѣгалъ 17,3 километра. Поэтому скорость свѣта въ одну секунду равна  $17,3 \times 18000 = 311\,400$  кил.

Въ среднемъ изъ 28 подобныхъ опытовъ Физо получилъ скорость свѣта равную 316 000 километровъ. Этотъ результатъ нѣсколько великъ, и на него слѣдуетъ смотрѣть лишь какъ на первое составляющее въ наукѣ, такъ сказать, эпоху, указаніе возможности опредѣлить скорость свѣта изъ физическихъ опытовъ. Въ 1881 году Юнгъ и Форбесъ снова опредѣлили скорость свѣта по этому способу; по ихъ опредѣленіямъ она получилась равною 301380 километрамъ въ секунду.

Другой приборъ, въ которомъ въ быстрое вращеніе приводится зеркало, и который Уитстономъ былъ примененъ къ опредѣленію скорости распространенія электричества, впервые, по предложенію Араго, былъ построенъ Физо и Брегеомъ съ цѣлью опредѣленія скорости свѣта. Въ 1862 году Фуко при помощи этого прибора, усовершенствованнаго имъ, нашелъ, что скорость свѣта составляетъ 298 000 километровъ въ секунду. Этотъ результатъ въ 1874 году былъ подтвержденъ наблюденіями Корню. Изъ его наблюденій, обработанныхъ Гельмертомъ и Листингомъ, скорость свѣта получилась равной 299 990 километрамъ въ секунду. Въ 1878 году Корню повторилъ свои опыты и нашелъ для скорости свѣта 304 000 километровъ. Еще болѣе точные результаты при помощи подобнаго же прибора получилъ Михельсонъ. Опыты свои онъ произвелъ два раза — въ 1879 и 1882 годахъ. Изъ первыхъ опытовъ онъ для скорости свѣта получилъ 299 940, изъ вторыхъ 298 500 километровъ. Одновременно съ Михельсономъ производилъ изслѣдованія надъ скоростью свѣта Ньюкомбъ, онъ пользовался еще болѣе усовершенствованнымъ приборомъ, и его изслѣдованія дали для скорости свѣта 299 860 километровъ въ секунду съ ошибкою, не превышающею 30 кил. Изъ предыдущаго ясно, что круглымъ числомъ мы можемъ принять для скорости свѣта величину 300 000 километровъ въ секунду.

Интересно сравнить эту скорость съ другими извѣстными намъ скоростями. На кораблѣ, дѣлающемъ 530 километровъ въ сутки, мы могли бы пробѣжать разстояніе, равное

диаметру земного пути, только въ 1550 лѣтъ. Чтобы тоже самое разстояніе пробѣхать на желѣзнодорожномъ поѣздѣ, двигающемся со скоростью 90 километровъ въ часъ, потребовалось бы 380 лѣтъ. Звукъ, пробѣгающій 330,5 метровъ въ секунду, достигъ бы до насъ съ такого разстоянія въ 29 лѣтъ. Свѣтъ же проходить это огромное разстояніе, равное 300 милліонамъ километровъ, всего только въ  $16\frac{1}{2}$  минутъ, т. е. немного болѣе, чѣмъ въ четверть часа.—Двигаясь на поверхности земли по окружности большого круга, длина которой равна 40000 километровъ, мореплаватель, дѣлающій 75 километровъ въ сутки, совершилъ бы такъ называемое кругосвѣтное путешествіе въ 530 дней, т. е. почти въ  $1\frac{1}{2}$  года. Звукъ требуетъ для прохожденія этого разстоянія 1,4 дня, и, наконецъ, свѣтъ пробѣгаетъ его въ  $\frac{1}{8}$ -ую долю секунды. Слѣдовательно, въ секунду свѣтъ пробѣгаетъ разстояніе, которое въ 8 разъ превосходитъ длину окружности большого круга на поверхности земли. И все же, несмотря на такую невѣроятную скорость, свѣтъ отъ ближайшей къ намъ неподвижной звѣзды доходитъ до насъ не менѣе, какъ въ четыре года!

Обратимся снова къ абераціи неподвижныхъ звѣздъ и посмотримъ, какое отношеніе имѣетъ къ ней скорость свѣта.

§ 47. **Сложеніе и разложеніе скоростей.** Если на какое-нибудь тѣло  $P$  дѣйствуютъ двѣ опредѣленныя силы  $Pa$  и  $Pb$  (рис. 41), направленія которыхъ составляютъ между собою нѣкоторый уголъ  $APB$ , то, по основнымъ законамъ механики, дѣйствія этихъ двухъ силъ могутъ быть замѣнены дѣйствіемъ одной силы  $Pc$ , представляющей собою какъ по величинѣ, такъ и по направленію діагональ параллелограмма, стороны котораго  $Pa$  и  $Pb$  выражаютъ длину и направленіе силъ  $Pa$  и  $Pb$ . Эти послѣднія силы называются составляющими, сила же  $Pc$  носитъ названіе равнодѣйствующей. Известно что дѣйствіе силъ на какое-нибудь тѣло измѣряется длиной пути, который оно проходитъ подъ вліяніемъ этихъ силъ въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, или скоростью, съ которою подъ ихъ вліяніемъ тѣло движется. Поэтому, если возможно сложеніе и разложеніе силъ, то точно также возможно сложеніе и разложеніе скоростей. Такимъ образомъ, если тѣло  $P$  въ силу какихъ-нибудь причинъ должно въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени пройти заразъ по одному направленію путь  $Pa$ , а по другому путь  $Pb$ , то, въ дѣйствительности, оно въ этотъ промежутокъ пройдетъ путь  $Pc$ . Иначе говоря, если тѣло, вѣдѣмое дѣйствіемъ на него различныхъ силъ, должно совершать одновременно два движенія, одно по направленію  $PA$  со скоростью  $Pa$  и другое по направленію  $PB$  со скоростью  $Pb$ , то въ дѣйствительности тѣло будетъ двигаться по направленію  $PC$  со скоростью  $Pc$ .

Обратно, всякая данная сила  $Pc$  можетъ быть разложена на двѣ другія силы  $Pa$  и  $Pb$ , дѣйствіе которыхъ произведетъ такой же результатъ, какъ и дѣйствіе одной силы  $Pc$ . Совершенно также данная скорость  $Pc$  можетъ быть разложена на двѣ другія скорости  $Pa$  и  $Pb$ . При разложеніи силъ или скоростей данная величина  $Pc$  принимается за діагональ параллелограмма, и на этой діагонали  $Pc$  строится произвольный треугольникъ  $Pac$ ; по другую сторону діагонали  $Pc$  проводятся линіи  $Pb$  и  $cb$ , параллельныя соответственно линіямъ  $ca$  и  $Pa$ . Линіи  $Pa$  и  $Pb$  представляютъ, по величинѣ и направленію, искомыя силы или скорости, на которыя данная сила или скорость  $Pc$  можетъ быть разложена. Изъ всѣхъ треугольниковъ  $Pca$ , которые могутъ быть построены на данномъ базисѣ  $Pc$ , самымъ простымъ является треугольникъ, прямоугольный при  $a$ . Въ этомъ простѣйшемъ случаѣ направленія составляющихъ силъ или скоростей  $Pa$  и  $Pb$  взаимно пер-

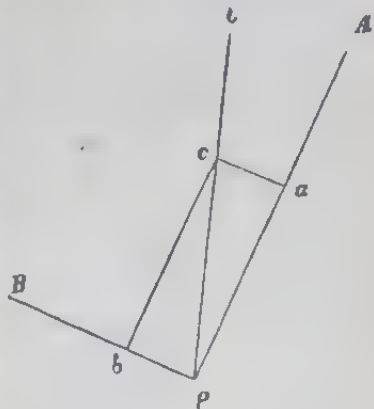


Рис. 41.

перпендикулярны. Обозначая величину равнодѣйствующей силы, направленіе которой совпадаетъ съ направленіемъ діагонали  $Pc$  четырехугольника  $Pabc$ , буквой  $r$ , величины составляющихъ силъ  $Pa$  и  $Pb$  буквами  $x$  и  $y$  и уголъ  $aPc$  буквой  $\alpha$ , получаемъ въ этомъ частномъ случаѣ слѣдующія простыя соотношенія:

$$r^2 = x^2 + y^2, \quad y = x \operatorname{tg} \alpha,$$

пользуясь которыми мы по даннымъ величинамъ  $x$  и  $y$  можемъ безъ всякаго труда вычислить какъ величину равнодѣйствующей силы  $r$ , такъ и уголъ  $\alpha$ , составляемый ей направлениемъ съ направлениемъ силы  $Pa$ .

Вышесказанный законъ сложения и разложенія силъ и скоростей имѣетъ весьма важное значеніе въ механикѣ. Мы пояснимъ его, сообразно съ нашими цѣлями, общезвѣстнымъ примѣромъ, взятымъ изъ нашей повседневной жизни.

При совершенно тихой погодѣ дождь падаетъ на землю по отвѣсному направленію. При вѣтрѣ же каждая капля дождя должна двигаться одновременно по вертикальному направленію, вслѣдствіе силы тяжести, и по горизонтальному, подъ дѣйствіемъ вѣтра, и потому, въ дѣйствительности, на основаніи закона сложения скоростей, дождь падаетъ по наклонному направленію. Чѣмъ сильнѣе вѣтеръ, тѣмъ болѣе направленіе дождя отклоняется отъ вертикальнаго.

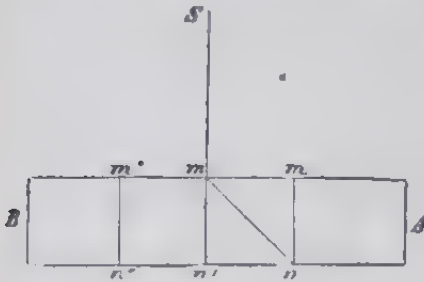


Рис. 42.

То-же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, когда мы изъ окна быстро ѣдущаго желѣзнодорожнаго вагона наблюдаемъ за паденіемъ дождя въ тихую погоду. На самомъ дѣлѣ капля

дождя падаетъ по вертикальному направленію  $Sm'$  (рис. 42). Но такъ какъ вагонъ, изъ котораго мы наблюдаемъ, перемѣщается по направленію отъ  $A$  къ  $B$ , то капля дождя, достигшая въ какой-нибудь моментъ верхняго угла  $m$  окна, при дальнѣйшемъ своемъ движеніи уже не будетъ казаться намъ падающей по отвѣсному направленію  $mn$ . Въ самомъ дѣлѣ, въ тотъ промежутокъ времени, въ который капля прошла бы отъ угла  $m$  до угла  $n$ , самый вагонъ перемѣстится, точка  $n$  перейдетъ въ положеніе  $n'$ , а ея мѣсто займетъ новая точка  $n$ . Поэтому дождевая капля достигнетъ нижняго края окна не въ точкѣ  $n$ , а въ точкѣ  $n'$ , и намъ будетъ казаться, что она падаетъ по направленію линіи  $m'n$ .

Что было сказано объ одной каплѣ дождя, то, само собой понятно, относится и ко всемъ остальнымъ. Такимъ образомъ дождь намъ кажется падающимъ по косому направленію, и это направленіе представляется отклоненнымъ отъ вертикальной линіи въ сторону движенія поѣзда. Слѣдовательно, находящаяся въ движеніи тѣла наблюдателю, который самъ движется, представляются перемѣщающимися не по тому направленію, по которому въ дѣйствительности происходитъ ихъ движеніе, а по нѣкоторому другому, составляющему съ первымъ тѣмъ болѣе уголъ, чѣмъ болѣе скорость движенія наблюдателя.

Пойдемъ въ нашемъ примѣрѣ еще далѣе и доуяснимъ, что поѣздъ при своемъ движеніи описываетъ кругъ.

Мы вѣдали, что дождевыя капли должны видимымъ образомъ отклоняться отъ вертикальнаго направленія въ сторону движенія поѣзда. Положимъ, что движеніе поѣзда по кругу совершается въ направленіи съ запада черезъ югъ, востокъ, сѣверъ и снова на западъ. Въ такомъ случаѣ изъ оконъ вагона дождь долженъ представляться намъ падающимъ по косому направленію, и это направленіе видимымъ образомъ постепенно вращается также съ запада черезъ югъ, востокъ, сѣверъ и снова на западъ.

§ 48. **Объясненіе явленія абераціи.** Все вышесказанное легко примѣнить къ объясненію явленія, открытаго Брадлеемъ. Для этого въ разсмотрѣнномъ нами примѣрѣ надо замѣнить дождь свѣтовымъ лучемъ, посылаемымъ къ намъ какой-нибудь звѣздой, а двигающийся по кругу поѣздъ — землей, совершающей въ теченіе года свое движеніе вокругъ солнца.

Положимъ, что  $e_1, e_2, e_3, e_4$  есть путь земли около солнца  $S$  и что  $s$  есть та точка небесной сферы, въ которой усматривалась бы съ солнца нѣкоторая звѣзда (рис. 43). Параллаксъ звѣзды мы не будемъ принимать во вниманіе, такъ какъ въ предыдущей главѣ мы видѣли, что почти для всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ оуѣ представляетъ совершенно незамѣтную величину. Если бы скорость свѣта была безконечно велика, то изъ различныхъ положеній земли на ея годовомъ пути мы усматривали бы звѣзду постоянно въ одной и той-же точкѣ  $s$ . Но такъ какъ скорость свѣта есть величина пзмѣряемая, то, на основаніи предыдущаго, кажущееся направленіе свѣтового луча должно отклоняться отъ истиннаго на нѣкоторый небольшой уголъ въ сторону движенія земли около солнца. Поэтому, когда земля находится въ  $e_1$  и движется по направленію стрѣлки, мы видимъ звѣзду не въ точкѣ  $s$ , а въ точкѣ  $s_1$ . Точно также изъ положеній земли  $e_2, e_3, e_4$  мы усматриваемъ звѣзду соответственно въ точкахъ  $s_2, s_3, s_4$ . Такимъ образомъ легко понять, что звѣзда въ теченіе года описываетъ на небесной сферѣ небольшой эллипсъ, центръ котораго совпадаетъ съ истиннымъ положеніемъ звѣзды, т. е. съ той точкой, въ которой мы ее видѣли бы съ солнца. На основаніи соображеній, подобныхъ тѣмъ, которыя изложены въ § 45, мы легко выводимъ, что долгота звѣзды въ ея противостояніи съ солнцемъ дѣлается наибольшей, а въ соединеніи наименьшей, широта же въ квадратурахъ достигаетъ своего наибольшаго и наименьшаго значеній. Для звѣздъ, лежащихъ вблизи полюса эклиптики, эллипсъ весьма мало отличается отъ круга. Чѣмъ ближе къ эклиптикѣ находятся звѣзды, тѣмъ меньше измѣняются отъ абераціи ихъ широты, и тѣмъ больше становится растянутость описываемыхъ ими эллипсовъ. Широты звѣздъ, лежащихъ на окружности эклиптики, отъ абераціи совсѣмъ не измѣняются, и для нихъ эллипсы обращаются въ прямыя линіи, лежащія въ плоскости эклиптики.

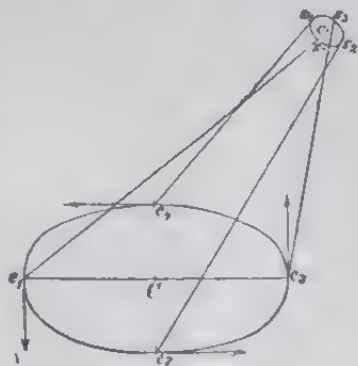


Рис. 43.

Мы можемъ сдѣлать еще одинъ шагъ впередъ и по формуламъ § 47 вычислить тотъ уголъ, который кажущееся направленіе свѣтового луча образуетъ съ его истиннымъ направленіемъ. Когда земля находится въ плоскости круга широты звѣзды, тангенсъ упомянутаго угла получается черезъ раздѣленіе числа, представляющаго скорость движенія земли, на число, выражающее собою скорость свѣта.

Земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца пробѣгаетъ въ одну секунду 29.8 километровъ, скорость же свѣта составляетъ 300000 километровъ въ секунду. Численное отъ раздѣленія перваго числа на второе равно 0,0000993. Такой тангенсъ соответствуетъ углу въ  $20.5''$ . Слѣдовательно большая полуось эллипса, описываемаго звѣздами вѣдствие абераціи, равна  $20.5''$ : вся же ось составляетъ  $41''$ , т. е. ту самую величину, которая была выведена непосредственно изъ наблюденій (§ 45). Такимъ образомъ, вычисленная на основаніи теоретическихъ соображеній величина кажущагося перемѣщенія звѣздъ вѣдствие абераціи вполне согласуется съ величиной, полученной Брадлеемъ изъ наблюденій. Такое удивительное согласіе не только подтверждаетъ справедливость открытія, сдѣланнаго Ремеромъ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, служитъ прекраснымъ прямымъ доказательствомъ годового движенія земли около солнца.



Замѣательно, что еще Никаръ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ наблюдалъ подобныя измѣненія въ положеніи Полярной звѣзды, но онъ не могъ подыскать для нихъ объясненія; объ этомъ онъ подробно говоритъ въ своемъ сочиненіи «*Yoyage d'Ugahbourg*». Теперь же мы знаемъ, что наблюдаемая Никаромъ измѣненія въ положеніи Полярной звѣзды зависѣли отъ абераціи.

Замѣтимъ, что описанное въ этой главѣ явленіе обыкновенно называется абераціей неподвижныхъ звѣздъ. Но такъ какъ это явленіе зависитъ исключительно отъ отношенія скорости свѣта къ скорости движенія земли около солнца, то отъ этой причины должны измѣняться, очевидно, положенія всѣхъ небесныхъ тѣлъ. Такъ какъ свѣтъ распространяется съ опредѣленной, вполнѣ доступной для измѣренія скоростью, то наблюдаемая положенія свѣтилъ соответствуютъ собственно не моменту наблюденія, а нѣкоторому предшествующему моменту. Разность между этими моментами тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше времени требуетъ свѣтъ, чтобы дойти отъ свѣтила до насъ. Эта поправка, такъ называемое уравненіе свѣта, можетъ быть принята во вниманіе только въ тѣхъ случаяхъ, когда извѣстно разстояніе отъ свѣтила до земли. Слѣдовательно, при современномъ состояніи нашихъ знаній, мы можемъ принимать ее во вниманіе, вообще, только при наблюденіяхъ планетъ и кометъ. Вотъ почему эту поправку астрономы называютъ абераціей планетъ. Впрочемъ надо замѣтить, что это названіе совершенно неподходящее, такъ какъ съ одной стороны здѣсь идетъ рѣчь о явленіи, вовсе не сходномъ съ абераціей въ собственномъ смыслѣ этого слова, а съ другой стороны это явленіе относится не къ однимъ только планетамъ. Этими краткими свѣдѣніями объ уравненіи свѣта мы здѣсь и ограничимся.

§ 49. **Краткій обзоръ всего предыдущаго.** Въ заключеніе этой главы сдѣлаемъ краткій обзоръ всего предыдущаго, обративъ вниманіе на тѣ малыя величины, обнаруженіемъ которыхъ были сдѣланы величайшія открытія. Изъ наблюденій было найдено, что длина секунднаго маятника въ Южной Америкѣ на три миллиметра короче, чѣмъ въ Парижѣ. На основаніи такой незначительной разности мы могли заключить, что земля вращается около оси, могли вычислить отношеніе центрбѣжной силы къ силѣ тяжести; благодаря этой малой величинѣ обнаружилось, что напряженіе силы тяжести различно въ различныхъ точкахъ земной поверхности, и что земля имѣетъ форму тѣла, сжатого при полюсахъ. Сжатіе земли, въ свою очередь, есть весьма малая величина и составляетъ всего только  $\frac{1}{300}$ -ю часть земнаго радіуса. Благодаря маятнику, состоящему въ простѣйшемъ своемъ видѣ изъ нити съ шарикомъ на концѣ, у насъ явилась возможность съ огромною точностью измѣрить напряженіе силы тяжести на поверхности земли или, что то-же самое, длину пути, проходящаго въ извѣстный промежутокъ времени свободно падающимъ тѣломъ, а затѣмъ съ менѣшею точностью опредѣлить дѣйствіе той же силы тяжести на луну, находящуюся отъ насъ въ разстояніи 384400 километровъ. Подобнымъ же образомъ путемъ измѣренія весьма малыхъ величинъ мы опредѣлили разстояніе отъ солнца до земли, превосходящее 148 милліоновъ километровъ, а также размѣры этого небеснаго тѣла, объемъ котораго въ  $1\frac{1}{4}$  милліоновъ разъ больше объема нашей земли. Точно также весьма малые углы, полученные изъ непосредственныхъ измѣреній, послужили намъ основаніемъ для опредѣленія огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ неподвижныя звѣзды отъ земли, и для измѣренія непонятной для нашего ума скорости свѣта. Наконецъ, совершенно незамѣтный для невооруженнаго глаза эллипсъ, описываемый любой изъ неподвижныхъ звѣздъ вслѣдствіе абераціи, представляетъ на небесной сферѣ, какъ въ коническомъ зеркалѣ, уменьшенное изображеніе огромнаго круговаго пути земли, длина котораго равна приблизительно 2 200 милліонамъ километровъ.

Неудрено послѣ этого, что астрономія является торжествомъ нашего ума и составляетъ предметъ справедливой гордости человека. Человекъ, живущій на землѣ, которая является едва замѣтной точкой въ сравненіи съ окружающимъ ее пространствомъ, наповненнымъ безчисленнымъ множествомъ міровъ, подобенъ одной изъ тѣхъ тысячъ инфу-

зорій, которыя населяють каплю воды; но это ничтожное существо превращается въ духа, когда оно обращает свои взоры къ звѣзднымъ мірамъ и когда мыслью уносится въ неизмѣримую даль неба. И никакого препятствія не представляютъ для этого духа тѣ невѣроятныя разстоянія между мірами, при одной мысли о которыхъ содрогается человѣческій умъ.

## ГЛАВА VII.

### Прецессія и нутація.

§ 50. **Предвареніе равноденствій.** Уже въ древности было извѣстно, что широты (Введ., § 11) звѣздъ съ теченіемъ времени не мѣняются, долготы же, наоборотъ, медленно увеличиваются и притомъ одинаковымъ образомъ для всѣхъ звѣздъ. Древніе астрономы принимали, что увеличеніе долготы любой звѣзды составляетъ одинъ градусъ въ теченіе столѣтія. Величайшій изъ греческихъ астрономовъ Гиппархъ за 140 лѣтъ до Р. Х., какъ кажется впервые, обратилъ вниманіе на это явленіе, которое онъ объяснилъ перемѣщеніемъ точки весенняго равноденствія на одинъ градусъ въ столѣтіе въ обратномъ съ движеніемъ солнца направленіи, т. е. съ востока на западъ. Такъ какъ измѣненій въ широтахъ звѣздъ замѣчено не было, то изъ этого слѣдовало заключить, что положеніе плоскости эклиптики въ пространствѣ не мѣняется и что увеличеніе долготъ зависитъ отъ обратнаго перемѣщенія экватора по неизмѣняющей своего положенія эклиптикѣ. Это перемѣщеніе экватора называется предвареніемъ равноденствій или прецессіей. Точныя наблюденія новѣйшаго времени показываютъ, что скорость этого движенія значительно больше, чѣмъ ее принимали древніе астрономы. По опредѣленію нашего времени прецессія составляетъ  $50,2113''$  въ годъ и, слѣдовательно, одного градуса достигаетъ уже въ  $71\frac{1}{2}$  года. Кромѣ того, теперь мы знаемъ, что также и плоскость эклиптики не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ. Мы уже выше (§ 24) упоминали, что эклиптика въ настоящее время приближается къ экватору ежегодно на  $0,48''$ . Но это движеніе эклиптики во-первыхъ весьма незначительно; во-вторыхъ оно обуславливается совершенно другой причиною, чѣмъ прецессія, и, наконецъ, совершается лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ. Поэтому мы можемъ пока вовсе не принимать его во вниманіе. Допуская, что положеніе плоскости эклиптики не мѣняется, мы можемъ объяснить прецессию тѣмъ, что экваторъ  $VQ$  (рис. 44), не мѣняя своего наклона къ эклиптикѣ, перемѣщается по послѣдней обратнымъ движеніемъ ежегодно на  $50,2133''$ ; вслѣдствіе этого точка весенняго равноденствія  $V$  передвигается по эклиптикѣ въ направленіи отъ  $V$  къ  $M$  ежегодно на ту-же самую величину; на ту-же величину должны ежегодно возрастать и долготы всѣхъ звѣздъ.

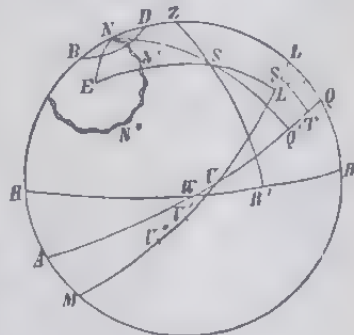


Рис. 44.

Но если экваторъ перемѣщается вдоль эклиптики, то ось экватора должна описывать поверхность конуса, ось котораго совпадаетъ съ осью эклиптики. Вслѣдствіе этого полюсъ  $N$  экватора описываетъ около полюса  $E$  эклиптики кругъ въ направленіи отъ  $N$  къ  $N'$ ,  $N''$  и т. д. Слѣдовательно, измѣненія долготъ звѣздъ могутъ быть объяснены движеніемъ полюса  $N$  экватора по кругу, въ центрѣ котораго находится неподвижный полюсъ  $E$  эклиптики и радиусъ  $EN$  котораго равенъ наклонности эклиптики  $LVQ$ .

§ 51. **Вліяніе прецессіи на видъ неба.** Въ то время какъ вслѣдствіе прецессіи долготы звѣздъ равномерно возрастаютъ на  $50,2113''$  ежегодно, широты же совсѣмъ не

измѣняются, прямое восхожденіе и склоненіе, иначе говоря, величины, опредѣляющія положенія звѣздъ относительно экватора (Введ., § 10), измѣняются объѣмъ и притомъ для различныхъ звѣздъ различно. Именно, прямое восхожденіе, вообще, увеличивается, но во всякомъ случаѣ неравномерно, впрочемъ прямое восхожденіе звѣздъ, близкихъ къ полюсу, можетъ также и уменьшаться. Такъ, напр., прямое восхожденіе известной уже намъ Полярной звѣзды въ настоящее время, вѣдѣние прецессии, увеличивается ежегодно на  $5^1$ , следовательно, въ теченіе столѣтій оно увеличится болѣе, чѣмъ на  $9^\circ$ . Напротивъ того, прямое восхожденіе звѣзды, принадлежащей, какъ и Полярная, къ созвѣздію Малой Медвѣдцы и обозначаемой греческой буквой  $\delta$ , въ настоящее время ежегодно уменьшается на  $5'$ ; следовательно, въ сто лѣтъ оно уменьшится приблизительно на  $8^\circ$ . Полярное разстояніе (Введ., § 10) звѣзды уменьшается въ томъ случаѣ, если ея прямое восхожденіе заключается въ предѣлахъ отъ  $0^\circ$  до  $90^\circ$  или отъ  $270^\circ$  до  $360^\circ$ , въ остальныхъ случаяхъ полярное разстояніе увеличивается (см. дальше § 121). Если прямое восхожденіе звѣзды равно  $0^\circ$  или  $180^\circ$ , то измѣненіе полярнаго разстоянія достигаетъ наибольшей величины и составляетъ  $20^\circ$  въ годъ.

Измѣненіе полярнаго разстоянія, или, что то-же самое, измѣненіе склоненія обуславливаетъ, черезъ весьма большіе промежутки времени, совершенно иной видъ звѣзднаго неба. Вѣдѣние этого многа звѣзды, которые въ настоящее время для какого-нибудь мѣста земной поверхности восходятъ и заходятъ, въ отдаленныя времена постоянно оставались надъ горизонтомъ этого мѣста. Такъ, напр., про созвѣздіе Большой Медвѣдцы Гомеръ говоритъ, что оно «никогда не погружалось въ океанъ» (Илиада, XVIII, 489). Известно, что семь городовъ спорять изъ-за чести считаться родиной Гомера. Сѣверная географическая широта этихъ городовъ не превосходитъ  $38^\circ$ , следовательно, чтобы въ этихъ городахъ какая-нибудь звѣзда постоянно оставалась надъ горизонтомъ, ея сѣверное склоненіе должно быть не меньше  $52^\circ$ . Допустимъ, что во времена Гомера надъ называемъ Большой Медвѣдцы были известны знакомыя намъ 7 яркихъ звѣздъ, занимающихъ сѣверную часть этого созвѣздія. Сѣверное склоненіе звѣзды  $\gamma$  Ursae majoris, находящейся въ хвостѣ Большой Медвѣдцы, равно  $49^\circ 49'$ , и потому эта звѣзда никоимъ образомъ не можетъ считаться околополярной (Введ., § 17) для мѣстъ, лежащихъ въ Греціи или Малой Азии. Склоненіе звѣзды  $\gamma$  того-же созвѣздія равно  $54^\circ 15'$ , такъ что и она въ настоящее время въ этихъ мѣстахъ подходитъ весьма близко къ горизонту. Такимъ образомъ, въ наши дни выраженіе Гомера совсѣмъ не соответствуетъ тому, что мы видимъ въ дѣйствительности, и мы можемъ предложить себѣ вопросъ, не объясняется ли это обстоятельство прецессіей. Примемъ, что Гомеръ жилъ за 900 лѣтъ до Р. Хр. Прямое восхожденіе звѣзды  $\gamma$  Ursae majoris въ настоящее время равно  $205^\circ 54'$ . Поэтому, измѣненіе склоненія звѣзды отъ прецессии за сто лѣтъ (§ 121) составляетъ —  $30'$ ; измѣненіе за 2800 лѣтъ должно равняться —  $14^\circ$ . Итакъ во времена Гомера склоненіе звѣзды  $\gamma$  Ursae majoris было на  $14^\circ$  больше, чѣмъ настоящее ея склоненіе, равное  $49^\circ 49'$ . Следовательно, сѣверное склоненіе этой, самой восточной изъ 7 вышеупомянутыхъ звѣздъ Большой Медвѣдцы, въ тѣ времена равнялось  $63^\circ 49'$ . Отсюда мы заключаемъ, что красное созвѣздіе Большой Медвѣдцы на родинѣ Гомера при самомъ знакомъ своемъ положеніи возвышалось надъ горизонтомъ болѣе, чѣмъ на  $11^\circ$ .

§ 52. **Полярныя звѣзды для различныхъ эпохъ.** Ту изъ яркихъ звѣздъ, которая находится ближе всѣхъ другихъ къ полюсу экватора, астрономы называютъ Полярной. Полярная звѣзда, благодаря своему особому положенію на небесной сферѣ, весьма удобна для многихъ важныхъ наблюденій и изслѣдованій. Въ настоящее время названіе Полярной носить звѣзду  $\alpha$  въ созвѣздіи Малой Медвѣдцы. Ея полярное разстояніе равно  $1^\circ 14'$ , а прямое восхожденіе крупнымъ числомъ  $20^\circ$ . Полярное разстояніе этой звѣзды въ настоящее время уменьшается, такъ какъ полюсъ  $X$  экватора (рис. 44) все еще приближается къ ней. Въ 2100

году оно достигнет наименьшаго значенія и будетъ равно 28; послѣ этого полюсъ  $X$  начнетъ удаляться отъ Полярной звѣзды. Во времена Гиппарха звѣзда  $\alpha$  Ursae minoris отстояла отъ полюса  $X$  на  $12^\circ$  и потому не заслуживала такого названія.

Чтобы опредѣлить, какія звѣзды въ разныя времена будутъ находиться въ наименьшемъ разстояніи отъ полюса экватора, надо на звѣздной картѣ описать около полюса эклиптики, какъ центра, кругъ радиусомъ, равнымъ  $23^\circ 28'$ . Для большей точности слѣдуетъ для различныхъ временъ измѣнять радиусы этого круга, такъ чтобы они представляли собою наклонность эклиптики для данной эпохи (§ 24). Такимъ образомъ мы нашли бы, что за 2800 лѣтъ до Р. Х. Полярной была звѣзда  $\alpha$  въ созвѣздіи Дракона ( $\alpha$  Draconis); черезъ 4000 лѣтъ и. Р. Х. Полярной будетъ звѣзда  $\gamma$  Serpent, а тѣмъ  $\alpha$  Serpent, еще позже  $\alpha$  Cygni или Денебъ. Наконецъ, черезъ 14000 лѣтъ послѣ Р. Х. право на это названіе получитъ весьма яркая звѣзда  $\alpha$  Lyrae или Вега. Ея полярное разстояніе равное теперь  $51^\circ$ , къ тому времени уменьшится до  $5^\circ$ .

Если принять годовую прецессію неизмѣняющеюся со временемъ и равной 0,0139479, то мы легко можемъ вычислить, что полюсы экватора совершаютъ полный оборотъ около полюсовъ эклиптики въ 25 800 лѣтъ. Этотъ періодъ нѣкоторые хронологи называютъ платоническимъ годомъ. Впрочемъ продолжительность его намъ точно неизвѣстна, такъ какъ, съ одной стороны, не совсемъ справедливо предположеніе, что прецессія съ теченіемъ времени не мѣняется, а съ другой величины годовой прецессии мы не знаемъ съ такою точностью, чтобы можно было дѣлать заключенія на весьма отдаленныя времена.

§ 53. **Знаки зодіака и зодіакальныя созвѣздія.** Въ промежуткѣ между 400 и 100 годами до Р. Хр. т. е. въ тѣ времена, когда Эвдоксъ, Аристидъ, Гимохарисъ и Гиппархъ составляли первые звѣздные каталоги, точка весенняго равноденствія находилась въ созвѣздіи Овна. Но съ тѣхъ поръ, вследствие прецессии, она передвинулась болѣе, чѣмъ на  $30^\circ$ , и въ настоящее время лежитъ въ созвѣздіи Рыбъ. Древніе астрономы, чтобы опредѣлить положеніе солнца на небѣ, употребляли выраженія: Въ началѣ весны солнце встаетъ въ созвѣздіи Овна, въ началѣ лѣта въ созвѣздіи Рака и т. д. Чтобы сохранить этотъ способъ выраженія, тѣсно связанный съ астрологическими предсказаніями, они искусственнымъ образомъ раздѣлили всю окружность эклиптики на 12 такъ называемыхъ знаковъ зодіака. Каждый изъ нихъ охватываетъ  $30^\circ$  по долготѣ (Введ., § 11), любой изъ знаковъ зодіака солнце проходитъ въ среднемъ въ теченіе мѣсяца. Начало перваго знака зодіака всегда принимается совпадающимъ съ тѣмъ положеніемъ точки весенняго равноденствія, которая она занимаетъ на небесной сферѣ въ данный моментъ. Знаки зодіака получили свои названія отъ созвѣздій, лежащихъ по окружности эклиптики (Введ., § 11) и называемыхъ зодіакальными созвѣздіями.

Въ настоящее время, вследствие прецессии, знаки зодіака не совпадаютъ съ соответственными зодіакальными созвѣздіями и потому необходимо строго отличать первые отъ послѣднихъ. Въ наше время точка весенняго равноденствія лежитъ, какъ выше сказано, въ созвѣздіи Рыбъ; черезъ 4000 лѣтъ и. Р. Хр. она перемѣстится въ созвѣздіе Водолея, черезъ 6000 лѣтъ въ созвѣздіе Козерога, черезъ 8500 лѣтъ въ созвѣздіе Стрѣльца. Поэтому, если мы, напримѣръ, въ древнихъ рукописяхъ читаемъ, что въ некоторый моментъ долгота луны была  $10^\circ \times$ , то это значить, что она отстояла на  $10^\circ$  по долготѣ отъ начала знака Тельца. Долгота же, соответствующая началу этого знака, равна, какъ мы знаемъ  $30^\circ$ . Слѣдовательно, долгота луны въ то время составляла  $30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$ . Впрочемъ въ настоящее время подобное обозначеніе совершенно вышло изъ употребленія.

§ 54. **Нѣкоторыя хронологическія изслѣдованія.** По словамъ Птолемея, Эвдоксъ, современникъ Платона, указываетъ на то, что весьма близко къ полюсу экватора находилась одна изъ яркихъ звѣздъ. Платонъ жилъ за 350 лѣтъ до Р. Хр., и потому, на основаніи предыдущаго, мы заключаемъ, что указаніе это не можетъ относиться къ нашей

Полярной звѣздѣ, т. е. къ  $\alpha$  Ursae minoris. Пользуясь способомъ, изложеннымъ въ § 52, мы находимъ, что въ прошедшія времена въ весьма близкомъ разстояніи отъ полюса могла находиться только одна болѣе или менѣе яркая звѣзда, именно  $\alpha$  Draconis, прямое восхожденіе которой въ настоящее время равно  $210^{\circ}15'$ , а склоненіе  $64^{\circ}51'$ . Но выше (§ 52) мы видели, что эта звѣзда въ наименьшемъ удаленіи отъ полюса находилась за 2800 лѣтъ до Р. Хр. Вычисления показываютъ, что въ то время ея полярное разстояніе было равно только  $1^{\circ}2'$ . Во времена же Платона, т. е. 2450 лѣтъ спустя,  $\alpha$  Draconis уже находилась на значительномъ разстояніи отъ полюса. Поэтому болѣе правдоподобнымъ слѣдуетъ считать предположеніе, что Евдоксъ не описывалъ современный ему видъ неба, а лишь передавалъ весьма древнее сказаніе египтянъ или халдеевъ. Впрочемъ, незадолго до Евдокса, въ  $5^{\text{л}} 2'$  градусахъ отъ полюса находилась яркая звѣзда  $\beta$  Малой Медвѣдницы ( $\beta$  Ursae minoris), и потому, если не придавать строгого значенія словамъ Евдокса, что яркая звѣзда находилась весьма близко къ полюсу, то можно также думать, что онъ имѣлъ въ виду именно эту звѣзду.

Заплась относить происхожденіе названій зодіакальныхъ созвѣздіи къ весьма отдаленнымъ временамъ. По его мнѣнію, названіе Козерога, напр., должна была получить та группа находящаяся на эклиптикѣ звѣздъ, которая занимала наивысшее положеніе относительно экватора, потому, что животное, именемъ котораго названо это созвѣздіе, встрѣчается часто на вершинахъ высокихъ скалъ. Такимъ образомъ, долгота среднихъ частей созвѣздія Козерога въ тѣ времена равнялась  $90^{\circ}$ . Точно также созвѣздіе Вѣсовъ находилось, по мнѣнію Лапласа, около точки весенняго равноденствія. Подобнымъ же образомъ объясняются названія большей части остальныхъ зодіакальныхъ созвѣздіи. Въ настоящее время долгота среднихъ частей созвѣздія Козерога равна  $305^{\circ}$ . Слѣдовательно, это созвѣздіе съ тѣхъ поръ какъ оно получило свое названіе, перевинулось по эклиптикѣ на  $215^{\circ}$ . Это перемѣщеніе объясняется, конечно, прецессіей; съ помощью небольшихъ вычисленій находимъ, что для такого большого перемѣщенія потребовалось бы 15000 лѣтъ. Такимъ образомъ, на основаніи разсужденій Лапласа оказывается, что звѣзды, лежащія по эклиптикѣ, были сгруппированы въ созвѣздія и получили свои названія за 13000 лѣтъ до начала нашего лѣтосчисленія. Согласиться съ этимъ мы не можемъ, такъ какъ это противорѣчитъ всей исторіи человѣчества. Несравненно болѣе вѣроятно предположеніе, что зодіакальныя созвѣздія получили свои названія въ тѣ времена, когда точка весенняго равноденствія совпала какъ разъ съ началомъ созвѣздія Овна. По положенію этого созвѣздія въ настоящее время мы заключаемъ, что съ тѣхъ поръ прошло 4000 лѣтъ и что, слѣдовательно, названія зодіакальнымъ созвѣздіямъ даны за 2100 лѣтъ до Р. Хр.

Знаки зодіака украшали стѣны и потолки многихъ древнихъ храмовъ. На этомъ основаніи некоторые ученые пытались опредѣлять время, когда эти храмы были построены. Но подобныя опредѣленія, конечно, не отличаются сколько-нибудь удовлетворительною точностью.

Въ серединѣ XIX столѣтія Итацци Смитъ и послѣ него Локьеръ показали, что египетскія пирамиды и древніе храмы при постройкѣ ориентировались извѣстнымъ образомъ по солнцу или болѣе яркимъ звѣздамъ. Именно, храмы строили такъ, чтобы въ опредѣленные дни можно было отъ самаго алтаря черезъ входныя двери наблюдать восходъ или заходъ того свѣтила, по которому храмъ ориентировался.

§ 55 **Нѣкоторыя историческія свѣдѣнія объ астрономіи древнихъ народовъ.** Первые слѣды астрономіи мы находимъ у халдеевъ. Отъ нихъ за 4000 лѣтъ до Р. Хр., астрономія, вмѣстѣ со своей цивилизаціей вообще, перешла въ юго-западную Азію. Позже съ нею познакомилась вавилоняне, завоевавшіе эти страны. Древнѣйшимъ астрономическимъ сочиненіемъ, дошедшимъ до насъ этимъ путемъ, является хроника, составленная при королѣ Саргонѣ, за 1700 лѣтъ до Р. Хр. Въ этой хроникѣ перечисляются наблюдавшіеся

солнечныя и лунныя затмѣнія, описываются появившіяся кометы, обращается вниманіе на движенія планетъ, опредѣляется данна года и т. д. Въ тѣ времена уже было извѣстно, что черезъ извѣстный промежутокъ времени затмѣнія повторяются въ прежнее порядкѣ.

Китайцы занимались астрономіей также въ глубокой древности. Въ самой священной и вмѣстѣ съ тѣмъ въ самой древней изъ книгъ Шу-кингъ, написанной Конфуціемъ, говорится, между прочимъ, о составленной императоромъ Яо для его астрономовъ инструкціи, въ которой указано, что яркая звѣзда, находящаяся въ созвѣдін Гидры и обозначаемая нынѣ буквой  $\alpha$ , во время равноденствій проходила черезъ меридіанъ въ моментъ захода солнца. Отсюда заключаемъ, что точка весенняго равноденствія находилась тогда въ Плеядахъ, и что указаніе императора Яо относится къ 2300 году до Р. Хр. Это вполнѣ согласуется съ китайской хронологіей, по которой императоръ Яо вступилъ на престолъ въ 2350 году до Р. Хр.

Изъ многочисленныхъ наблюденій Чу-конга, который съ 1104 до 1098 года до Р. Хр. управлялъ Китаемъ за своего малолѣтняго племянника, дошли до насъ только три. Два изъ нихъ, упомянутыя уже выше (§ 24), касались опредѣленія высоты солнца во время солнцестояній въ городѣ Лоингъ за 1100 лѣтъ до Р. Хр. и послужили для опредѣленія наклонности эклиптики; третье даетъ долготу солнца для зимняго солнцестоянія того же года. Чу-конгъ, сравнивая положеніе солнца съ положеніемъ звѣзды  $\epsilon$  Водолея ( $\epsilon$  Aquarii) нашелъ, что прямое восхожденіе этой звѣзды равно  $268^{\circ} 2'$ . Всѣ три наблюденія Чу-конга достаточно хорошо согласуются съ новѣйшими опредѣленіями, если въ одномъ случаѣ принять во вниманіе вѣковое измѣненіе наклонности эклиптики, а въ другомъ — вліяніе прецессіи. Послѣ Чу-Конга развитіе астрономіи въ Китаѣ прекратилось; особенно печальное время наступило при невѣжественномъ императорѣ Ки-Хоанги, который въ 213 году до Р. Хр. приказалъ сжечь всѣ книги. Только въ началѣ столѣтія послѣ Р. Хр. Чу-чонгъ, наблюдавшій въ Нанкинѣ, поднялъ астрономію на прежнюю высоту. Чу-чонгъ, между прочимъ, вывелъ изъ своихъ наблюденій, что продолжительность года составляетъ 365,24282 дней. По новѣйшимъ опредѣленіямъ длина года оказывается короче только на 0,00062 дня или на  $53,6^{\circ}$ .

Въ XIII столѣтіи астрономія процвѣтала въ Персіи при Холаку-Хекуканѣ, братъ котораго Хобилай, царствовавшій въ Китаѣ, также оказывалъ покровительство этой наукѣ. Въ царствованіе Хобилая знаменитѣйшій изъ китайскихъ астрономовъ Кошу-Кингъ опредѣлилъ наклонность эклиптики (§ 24), наблюдалъ долготу солнца во время солнцестоянія, вывелъ продолжительность года и т. д. Инструменты, которыми онъ пользовался, были сдѣланы по его указаніямъ и своими размѣрами и качествами превосходили употребившіяся до него.

Въ Египтѣ и Индіи астрономическія наблюденія производились также въ весьма отдаленныя времена.

Самый выдающійся изъ арабскихъ астрономовъ Ибнъ-Юни производилъ наблюденія въ Кахирѣ 1000 лѣтъ спустя послѣ Р. Хр., во времена египетскаго халифа Хакема. Только въ концѣ XVIII столѣтія въ одной бібліотекѣ города Лейдена было найдено сочиненіе Ибнъ-Юни, содержащее таблицы движенія солнца и планетъ. Кромѣ того, Ибнъ-Юни сообщаетъ въ своемъ сочиненіи много весьма цѣнныхъ свѣдѣній объ астрономическихъ работахъ арабовъ и также большое число наблюденій, произведенныхъ съ середины VIII столѣтія до временъ самого Ибнъ-Юни.

Въ Персіи расцвѣтъ астрономіи начался съ середины XI столѣтія, когда жители этой страны свергли иго арабовъ. Въ это время Омаръ-Хейямъ, для точнаго счета времени, предложилъ ввести 33-лѣтній періодъ, содержащій 8 високосныхъ лѣтъ по 366 и 25 простыхъ по 365 дней. Длина года, лежащая въ основаніи этого лѣтосчисленія, превосходитъ только на  $19,0''$  истинную длину года. Въ XIII столѣтіи, при Холаку-Хекуканѣ, была

построена въ городѣ Мератъ великолѣпная обсерваторія, управленіе которой было поручено знаменитому Исеръ-Эддину. Но особенное покровительство астрономіи оказывалъ Улугъ-Бей, который и самъ обладалъ весьма обширными познаніями въ этой наукѣ. При немъ, въ 1430 году въ Самаркандѣ была построена обсерваторія, снабженная лучшими инструментами того времени. Улугъ-Бей былъ прекраснѣйшимъ наблюдателемъ, ему мы обязаны вышеприведеннымъ опредѣленіемъ наклонности эклиптики (§ 24); послѣ его смерти остались новый звѣздный каталогъ и таблицы движенія солнца, луны и планетъ, считавшіяся лучшими до временъ Тихо-Браге.

§ 56. **Нутація.** Замѣченное въ давнія времена увеличеніе долготъ всѣхъ звѣздъ выше (§ 50) было объяснено движеніемъ полюса экватора по окружности круга, въ центрѣ котораго находится полюсъ эклиптики. Но такое движеніе представляетъ явленіе лишь въ общиѣ чертахъ истинное движеніе полюса гораздо сложнѣе. Новѣйшія, болѣе точныя наблюденія показываютъ, что полюсъ экватора не остается постоянно на окружности вышеупомянуто круга, но, при своемъ движеніи около полюса эклиптики, то приближается къ этому послѣднему, то удаляется отъ него, причемъ наибольшее удаленіе въ ту и другую сторону отъ окружности круга составляетъ  $9''$ ; кромѣ того не остается постоянной также и скорость, съ которою полюсъ экватора совершаетъ свое движеніе. Всѣ эти неправильности въ движеніи полюса экватора имѣютъ періодическій характеръ и черезъ каждыя 19 лѣтъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Вѣдствие этихъ неправильностей земная ось, очевидно, колеблется около нѣкотораго средняго своего положенія. Эти колебательныя движенія земной оси называются нутаціей. Еще Ньютонъ на основаніи теоретическихъ соображеній, подозрѣвалъ существованіе нутации, изъ наблюденій же впервые открылъ ее Брадлей. Вѣдствие нутации полюсъ экватора въ теченіе 19 лѣтъ дѣлаетъ полный оборотъ по окружности небольшого эллипса, центръ котораго перемѣщается по вышеупомянутому кругу ежегодно на  $50.21''$ . Большая ось эллипса равна  $19''$  и постоянно направлена къ полюсу эклиптики, малая ось эллипса составляетъ  $14''$ . Вѣдствие совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутации непрерывно измѣняются положенія звѣздъ на небесной сферѣ. Вслѣдствіи (Часть III) мы снова вернемся къ описаннымъ въ этой главѣ явленіямъ и объяснимъ ихъ причину.

§ 57. **Заключеніе.** Чтобы нагляднымъ образомъ представить явленія прецессіи и нутации, обратимся снова къ рисунку 44 (стр. 88). Положимъ, что экваторъ  $AVQ$  перемѣщается по неподвижной эклиптикѣ  $MVL$  въ обратномъ направленіи отъ  $V$  къ  $L$ , т. е. въ направленіи, противоположномъ тому, куда возрастаютъ долготы. Вѣдствие этого точка весенняго равноденствія, занимающая въ настоящее время положеніе  $V$ , черезъ тысячу лѣтъ перемѣстится, напр., въ  $V'$ , еще черезъ тысячу лѣтъ въ  $V''$ ; при этомъ движеніи уголъ  $QVL$ , составляемый плоскостью экватора съ плоскостью эклиптики и называемый наклонностью эклиптики, остается неизмѣннымъ. Такое равномерное отступательное движеніе точки весенняго равноденствія называется прецессіей. Вѣдствие же нутации нарушается равномерность движенія точки  $V$ ; но всѣ ея отклоненія отъ равномернаго движенія имѣютъ періодическій характеръ и черезъ каждыя 19 лѣтъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ. При этомъ точка  $V$  перемѣщается, во-первыхъ, по окружности самой эклиптики то въ ту, то въ другую сторону отъ своего средняго положенія, которое оно занимало бы, если-бы существовала только одна прецессія: это отклоненіе доходитъ до  $18''$ . Кромѣ того, точка  $V$  не остается постоянно въ плоскости эклиптики  $MVL$ , но уклоняется отъ нея къ сѣверу или къ югу, и эти отклоненія доходятъ до  $9''$ . Такимъ образомъ, отъ совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутации точка  $V$  движется не по окружності  $VV'V''$ , а по нѣкоторой волнообразной линіи, постоянно пересѣкающей ее съ этою окружностію. Совершенно также полюсъ  $N$  экватора, отъ совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутации, движется около полюса  $E$  эклиптики не по окружности круга  $NN'$ , а по волнообразной линіи, изображенной на рисункѣ 44. Эти измѣненія положенія земной оси въ пространствѣ не слѣдуетъ смѣшивать съ измѣ-

неніями ея положенія внутри самой земли, о которыхъ мы будемъ говорить впоследствии. Вслѣдствіе прецессіи и нутаціи земная ось, вмѣстѣ со всею тѣлою земли, сквозь которую она проходитъ подобному твердому стержню, вращается около оси эклиптики и, при продолженіи до пересѣченія съ небесной сферой, встрѣчаетъ эту послѣднюю въ различныхъ времена въ различныхъ точкахъ.

Мы видѣли, что вслѣдствіе прецессіи и нутаціи прямая восхожденія и склоненія звѣздъ измѣняются различнымъ образомъ въ зависимости отъ того, какое положеніе занимаютъ звѣзды на небесной сферѣ относительно полюсовъ. Такимъ образомъ недостаточно только опредѣлить прямое восхожденіе и склоненіе какой-нибудь звѣзды для нѣкотораго момента, необходимо еще знать измѣненіе обѣихъ этихъ величинъ подъ вліяніемъ прецессіи, нутаціи, а также абераціи (Глава VI). Только въ этомъ случаѣ возможно вычислить прямое восхожденіе и склоненіе звѣзды для какого-угодно другого момента. Если при вычисленіи положенія звѣзды приняты во вниманіе измѣненія, зависяція отъ прецессіи, нутаціи и абераціи, то такое положеніе называется видимымъ. Если же измѣненія, зависяція отъ нутаціи и абераціи во вниманіе не привимаются, то получается среднее положеніе звѣзды для опредѣленнаго момента. Наблюденія, конечно, даютъ видимыя положенія свѣтилъ.

## ГЛАВА VIII.

### П л а н е т н ы я с и с т е м ы .

§ 58. **Различныя движенія планетъ.** Въ міровомъ пространствѣ, въ сравнительно небольшомъ отъ насъ разстояніи, кромѣ солнца, находится еще 8 большихъ планетъ. У шести изъ нихъ есть спутники, подобные нашей лунѣ. Большія планеты отличаются отъ бесконечно удаленныхъ отъ насъ звѣздъ тѣмъ, что въ зрительныя трубы онѣ представляются въ видѣ круглыхъ дисковъ довольно значительнаго діаметра, между тѣмъ какъ звѣзды даже въ сильныя телескопы представляются блестящими точками. Кромѣ того, около нашего солнца обращается цѣлая группа малыхъ планетъ, число которыхъ въ настоящее время доходитъ до 500, и большое число кометъ. Всѣ эти небесныя тѣла составляютъ какъ бы одну семью, къ которой принадлежимъ и мы съ нашей землей, и ближайшая наша задача должна заключаться въ ознакомленіи съ этими тѣлами.

По степени удаленія отъ солнца планеты располагаются слѣдующимъ образомъ: Меркурій, Венера, Земля съ однимъ спутникомъ луною, Марсъ съ 2 спутниками, малыя планеты, иначе называемыя астероидами, Юпитеръ съ 5, Сатурнъ съ 8, Уранъ съ 4 и Нептунъ съ однимъ спутниками.

Отличительнымъ признакомъ планетъ является ихъ собственное движеніе среди неподвижныхъ звѣздъ, вмѣстѣ съ которыми онѣ, кромѣ того, участвуютъ въ видимомъ суточномъ вращеніи всей небесной сферы. Собственныя движенія планетъ далеко не отличаются такою правильностью, какъ движенія солнца и луны. Планеты большую часть движутся съ запада на востокъ, иногда же, въ теченіе короткаго періода, въ обратномъ направленіи, и, наконецъ, по временамъ онѣ кажутся неподвижно стоящими въ какой-нибудь точкѣ небесной сферы. Всѣ эти неправильности въ движеніи планетъ періодически повторяются черезъ извѣстные промежутки времени и зависятъ отъ угла, составляемаго между собою лучами зрѣнія, идущими отъ наблюдателя къ солнцу съ одной стороны и къ наблюдаемой планетѣ съ другой. Движеніе планетъ съ запада на востокъ называется прямымъ, движеніе съ востока на западъ обратнымъ; то положеніе планеты, при которомъ она кажется неподвижно стоящей около какой-нибудь звѣзды, называется ея стоянціемъ.



§ 59. Движенія нижнихъ планетъ. Сначала рассмотримъ видныя движенія Меркуря и Венеры, такъ какъ они представляютъ нѣкоторыя особенности.

Меркурій и Венера называются нижними планетами. Угловое разстоянiе нижнихъ планетъ отъ солнца никогда не можетъ превзойти извѣстнаго предѣла. Для всѣхъ же остальныхъ планетъ это разстоянiе можетъ быть какое-угодно, и часто онѣ усматриваются на небесной сферѣ также въ части, прямо противоположной солнцу. Когда нижнія планеты находятся на небесной сферѣ въ весьма близкомъ разстоянiи отъ солнца и въ зрительныя трубы представляются въ видѣ полныхъ дисковъ, въ это время ихъ видимый диаметръ наименьшiй, движете прямое и скорость движенiя наибольшая.

По мѣрѣ удаленiя нижнихъ планетъ отъ солнца, ихъ скорость постепенно уменьшается, двигаясь все время прямымъ движенiемъ, т. е. съ запада на востокъ, онѣ наконецъ достигаютъ наибольшаго углового удаленiя отъ солнца. Для Меркуря наибольшее удаленiе составляетъ  $23^\circ$ . Въ это время онѣ находятся, какъ говорятъ, въ элонгацин. Послѣ элонгацин Меркурій начинаетъ приближаться къ солнцу; его движете относительно звѣздъ все еще остается прямымъ, но скорость этого движенiя весьма незначительна; наконецъ, когда онѣ находится въ  $18^\circ$  отъ солнца, его движете совершенно прекращается; въ это время мы наблюдаемъ стоянiе Меркуря. Послѣ стоянiя, движете Меркуря дѣлается обратнымъ, скорость постепенно увеличивается, онѣ приближается къ солнцу и, наконецъ,

дѣлается совершенно невидимымъ. Въ теченiе этого времени видимый диаметръ Меркуря все увеличивается, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, солнцемъ освѣщается все меньшая и меньшая часть его поверхности, и въ зрительныя трубы онѣ представляется намъ въ видѣ серпа, постоянно уменьшающагося. Когда онѣ находится въ весьма близкомъ разстоянiи отъ солнца, скорость его обратнаго движенiя достигаетъ наибольшей величины. Выйдя изъ лучей солнца на западной сторонѣ отъ него, Меркурій начинаетъ двигаться все медленнѣе и медленнѣе и, наконецъ, на нѣкоторое время останавливается въ  $18^\circ$  къ западу отъ солнца.

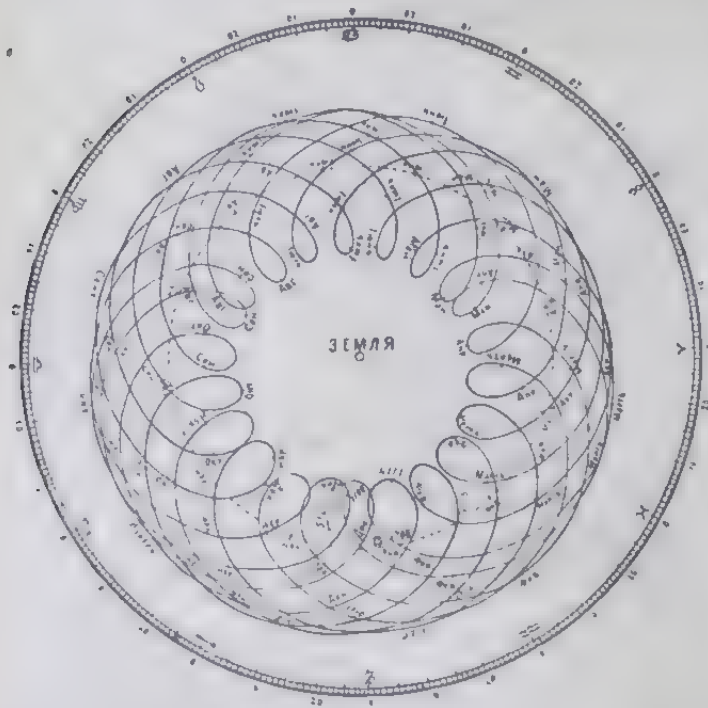


Рис. 45.

Послѣ этого вторичнаго стоянiя, движете его снова дѣлается прямымъ, скорость постепенно увеличивается, и онѣ, наконецъ, удаляется на  $23^\circ$  къ западу отъ солнца. Затѣмъ онѣ начинаетъ приближаться къ послѣднему, движете его остается все время прямымъ, и скорость достигаетъ наибольшей величины тогда, когда Меркурь подходит весьма близко къ солнцу. Въ концѣ концовъ онѣ приходитъ въ то же самое положенiе относительно солнца, въ которомъ находился уже раньше, и съ этого момента всѣ описанныя явленiя повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Все время, пока

Меркурій находится къ западу отъ солнца, освѣщаемая послѣднимъ часть его поверхности постепенно увеличивается, онъ представляется намъ въ зрительныя трубы въ видѣ серпа, постоянно увеличивающагося, и вблизи солнца, наконецъ, снова принимаетъ форму полнато диска. Продолжительность періода, охватывающую все вышеописанныя явленія, равна 116 днѣмъ. Обратнымъ движениемъ Меркурій движется въ теченіе  $17\frac{1}{2}$  днѣй и въ это время проходить дугу въ  $12\frac{1}{2}^\circ$ .

Въ движеніи другой нижней планеты, Венеры, наблюдаются явленія, совершенно подобныя вышеописаннымъ; разница заключается только въ числовыхъ величинахъ. Такъ, наибольшее угловое удаленіе Венеры отъ солнца составляетъ  $46^\circ 2'$ . Стояніе Венеры случается при ея удаленіи на  $28^\circ$  къ востоку или западу отъ солнца. Періодъ, по истеченіи котораго все неуровновѣсности въ движеніи Венеры повторяются въ прежнемъ порядкѣ, охватываетъ 582 днѣй. Обратнымъ движениемъ Венера движется въ теченіе 41 днѣй и въ это время проходить дугу въ  $16^\circ$ . Обѣ нижнія планеты въ теченіе одной половины того промежутка времени, въ предѣлахъ котораго заключаются все выше описанныя неуровновѣсности въ ихъ движеніи, находятся къ востоку отъ солнца и потому восходятъ и заходятъ послѣ него; въ теченіе другой половины онѣ находятся къ западу отъ солнца и потому восходятъ и заходятъ раньше него. Въ первомъ случаѣ онѣ называются вечерними звѣздами, во второмъ — утренними. \* Рис. 45 представляетъ видимый съ земли путь Меркурія съ 1708 по 1715 годъ, рис 46 путь Венеры съ 1708 по 1716 годъ. Въ центрѣ находится земля. Пунктирная круговая линія обозначаетъ видимый годовой путь солнца. На этихъ рисункахъ можно прослѣдить все вышеописанныя подробности кажущагося движенія нижнихъ планетъ. \*

**§ 60. Движенія верхнихъ планетъ.**

Въ движеніи остальныхъ планетъ, называемыхъ верхними, мы наблюдаемъ другія явленія. Разсмотримъ, для примѣра, движеніе Марса. Начнемъ съ того момента, когда онъ находится въ весьма близкомъ угловомъ разстояніи отъ солнца, и когда его видимый діаметръ наименьшій;

въ это время онъ движется съ наибольшою скоростью съ запада на востокъ, т. е. имѣетъ наибольшее прямое движеніе. Но по мѣрѣ того какъ онъ удаляется къ западу отъ солнца, скорость его прямого движенія постоянно уменьшается, и, наконецъ, при удаленіи на  $137^\circ$  къ западу отъ солнца, онъ на нѣкоторое время останавливается; послѣ этого его движеніе дѣлается обратнымъ, скорость движенія постепенно увеличивается, но онъ все продолжаетъ удаляться.

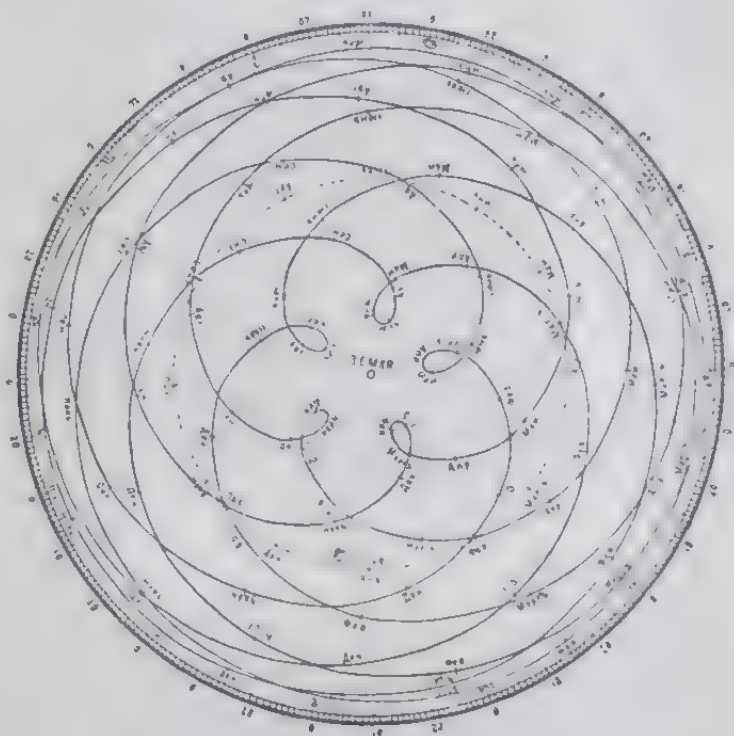


Рис. 46.

отъ солнца Когда Марсъ находится въ части небесной сферы, прямо противоположной солнцу, и когда онъ, следовательно, проходитъ черезъ меридианъ въ полночь, скорость его обратнаго движенія и видимый его диаметръ дѣлаются наибольшими. Съ этого момента скорость движенія Марса постепенно уменьшается, пока онъ, наконецъ, снова не остановится въ  $137^{\circ}$  къ востоку отъ солнца. Послеъ этого вторичнаго стоянія, движеніе его дѣлается опять прямымъ, и онъ съ возрастающей скоростью приближается къ солнцу, въ весьма близкомъ разстояніи отъ котораго скорость его прямого движенія дѣлается наибольшей, а видимый диаметръ наименьшимъ. Такимъ образомъ Марсъ приходитъ, наконецъ, въ тоже самое положеніе относительно солнца, въ которомъ онъ находился раньше, и съ этого момента все подробности его движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ. \* На рис. 47

представлено видимое съ земли движеніе Марса съ 1708 по 1723 г. Въ центрѣ находится земля, пунктирная линия обозначаетъ ви-

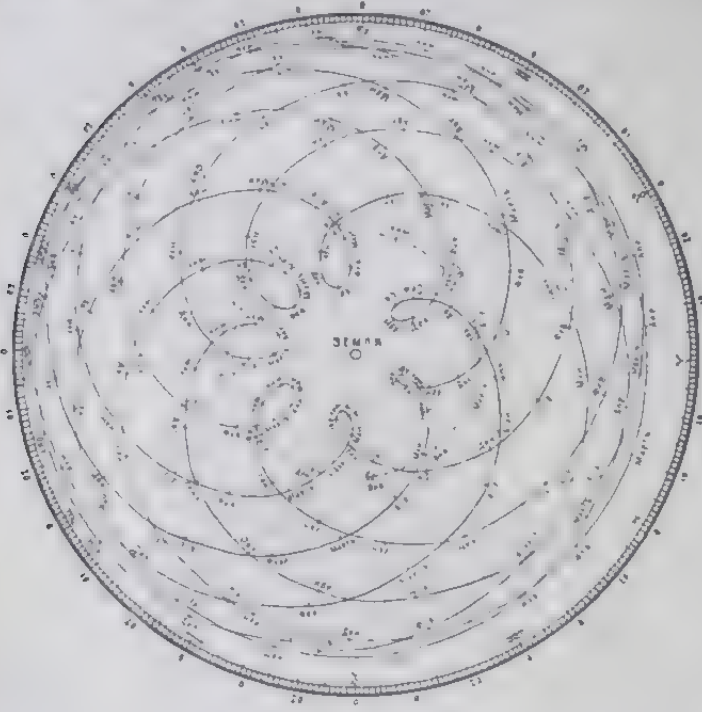


Рис. 47.

димый годовой путь солнца. \* Въ нижеслѣдующей табличкѣ даны для верхнихъ планетъ: 1) продолжительность періода, по истеченіи котораго все подробности движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ, 2) угловое разстояніе планеты отъ солнца во время ея стоянія, 3) величина дуги, которую планета проходитъ обратнымъ движеніемъ и 4) время, въ теченіе котораго планета проходитъ эту дугу.

	Продолж. періода.	Разст. планеты отъ солнца во время стоян.	Дуга, проходимая обратн. движ.	Время, въ течен. котор. план. им. обр. движ.
Марсъ . . .	779,9 дней.	$137^{\circ}$	$14^{\circ}$	70 дней
Юпитеръ . .	398,8 >	117	10	119 >
Сатурнъ . .	378,0 >	108	7	136 >
Уранъ . . .	370,5 >	102	4	150 >
Нептунъ . .	367,5 >	100	3	158 >

Въ этой табличкѣ приведены нѣкоторыя среднія числа; наблюдаемыя же числа часто довольно значительно отличаются отъ нихъ въ ту и другую сторону. Такъ, напримеръ, для Марса угловое разстояніе отъ солнца во время стоянія мѣняется отъ  $129^{\circ}$  до  $147^{\circ}$ , промежутокъ, въ теченіе котораго Марсъ движется обратнымъ движеніемъ, мѣняется отъ 60 до 80 дней и т. д.

До сихъ поръ мы разсматривали только движеніе планетъ по дугамъ, и это движеніе представляется довольно сложнымъ. Если же принять во вниманіе также измѣненія ихъ широты, то видимое движеніе планетъ, очевидно, должно быть еще сложнее. Нерѣдко

случается, что планета въ то время, когда ея обратное движеніе переходитъ снова въ прямое, пересѣкаетъ пройденный уже путь и, какъ говорятъ, завязываетъ петлю или узелъ. Такіе узлы особенно часто наблюдаются у нижнихъ планетъ.

§ 61. **Первое неравенство въ движеніи планетъ, сидерическія обращенія.** Прежде чѣмъ объяснить всѣ особенности движенія планетъ, замѣтимъ, что мы наблюдаемъ двоякаго рода неравенства ихъ движенія. Перваго рода неравенства заключаются исключительно въ измѣненіи скорости движенія планетъ по ихъ пути. При этомъ мы вовсе не должны обращать вниманія ни на прямые и обратныя движенія, ни на узлы, завязываемые планетами, ни на ихъ стоянія. Перваго рода неравенства наблюдаются также въ движеніи солнца и луны; у этихъ свѣтилъ измѣненіе скорости движенія легко замѣчается уже потому, что ихъ движеніе не представляетъ никакихъ другихъ неправильностей. Наибольшее суточное измѣненіе долготы солнца составляетъ 61,2 и бываетъ тогда, когда долгота солнца равна приблизительно 280°, что случается въ началѣ Января. Въ это время солнце находится въ созвѣздіи Стрѣльца. Наименьшее измѣненіе долготы солнца, равное 57,2', наблюдается въ началѣ Юля, когда солнце находится въ созвѣздіи Близнецовъ и когда его долгота мало отличается отъ 100°. Такимъ образомъ дуга, проходимая солнцемъ въ 14 дней въ Январѣ мѣсяцъ, на 1° больше дуги, проходимой солнцемъ въ такой-же промежутокъ въ Юль. Эта величина не могла ускользнуть отъ вниманія древнихъ наблюдателей, несмотря на несовершенство ихъ инструментовъ. Еще болѣе рѣзко бросается въ глаза наравномѣрность движенія луны. Долгота луны, вычисленная съ некоторымъ среднимъ ея измѣненіемъ, можетъ на цѣлыхъ 6° отличаться отъ истинной ея долготы. Подобныя же измѣненія скорости движенія замѣчаются и у планетъ, такое измѣненіе скорости древніе астрономы называли первымъ неравенствомъ въ ихъ движеніи. Когда планета, при своемъ обращеніи около солнца, возвращается къ тѣмъ-же самымъ неподвижнымъ звѣздамъ, около которыхъ она уже находилась раньше, всѣ измѣненія скорости ея движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Периодъ времени, въ теченіи котораго планета описываетъ полную окружность на небесной сферѣ и возвращается къ прежнимъ звѣздамъ, называется сидерическимъ обращеніемъ ея (отъ латинскаго слова *sidereae*, что значитъ звѣзды).

§ 62. **Второе неравенство въ движеніи планетъ, синодическія обращенія.** Изъ всѣхъ неправильностей въ движеніи планетъ особенно бросаются въ глаза узлы, завязываемые планетами въ то время, когда прямое движеніе мѣняется на обратное или обратное на прямое. При этомъ планета пересѣкаетъ, какъ мы говорили выше (§ 60), пройденный уже путь. Это случается всегда около времени стоянія планетъ, причемъ нижнія планеты усматриваются вблизи солнца, а верхнія въ части небесной сферы, прямо противоположной солнцу. Въ это время видимый діаметръ планеты достигаетъ наибольшей величины, и планета находится въ ближайшемъ отъ насъ разстояніи. Стоянія планеты протекать, а слѣдовательно и узлы она завязываетъ каждый разъ въ различныхъ частяхъ небесной сферы, но положеніе планеты относительно солнца при этомъ всегда бываетъ одно и то же (§ 58). точно также промежутокъ времени, протекающій съ момента, когда движеніе планеты изъ обратнаго дѣлается прямымъ, до слѣдующаго такого-же момента, вообще, остается всегда одинъ и тотъ-же. Этотъ промежутокъ называется синодическимъ обращеніемъ планеты. Если мы будемъ выводять синодическія обращенія изъ наблюдений, отдѣленныхъ сравнительно короткимъ промежутокъ времени, то будемъ получать величины, нѣсколько отличныя одна отъ другой. Средняя же величина синодическаго обращенія, выведенная изъ наблюдений, отдѣленныхъ другъ отъ друга нѣсколькими столѣтіями, остается постоянной. Такимъ образомъ для различныхъ планетъ найдены слѣдующія величины синодическихъ обращеній.

для Меркурія . . .	116 дней,	для Юпитера . . .	399 дней,
» Венеры . . .	584 дня,	» Сатурна . . .	378 »
» Марса . . .	780 дней.		

При этомъ для Юпитера, напримеръ, черезъ 142 дня послѣ его сошествія (§ 45) съ солнцемъ наступаетъ первое его стоянiе, во время котораго его угловое разстоянiе отъ солнца составляетъ  $117^{\circ}$ . Послѣ перваго стоянiя въ теченiе 119 дней оно перемѣщается по небесной сферѣ обратнымъ движеньемъ, и по истеченiи 261 дня послѣ его соединенiя съ солнцемъ мы наблюдаемъ второе его стоянiе, послѣ чего движенье его снова дѣлается прямымъ. Подобнымъ же образомъ происходитъ видимое съ земли движенье другихъ планетъ. \* На рисункѣ 48 представлены видимыя движенья Юпитера съ 1708 по 1720 годъ и Сатурна съ 1708 по 1737 годъ. По этому чертежу читатель наглядно можетъ убѣдиться въ томъ, что нѣсколькими строками выше сказано о движеньи Юпитера. \*

Описанныя въ этомъ параграфѣ особенности движенья планетъ древнiе астрономы называли вторымъ неравенствомъ въ ихъ движеньи.

Намъ кажется нелишнимъ тутъ же замѣтить, что первое неравенство происходитъ отъ того, что планеты движутся около солнца не по круговымъ дугамъ, а по эллиптическимъ, и вслѣдствiе этого, и въ действительности въ различныхъ точкахъ своего пути имѣютъ

различныя скорости. Причина же втораго неравенства заключается въ томъ, что мы наблюдаемъ планеты съ земли, которая сама также движется около солнца.

§ 63. Основныя положенiя теорiи, предложенной древними астрономами для объясненiя движенья планетъ. При развитiи теорiи движенья планетъ необходимо, конечно, имѣть въ виду всѣ вышеизложенныя особенности ихъ движенья. Древнiе астрономы при этомъ предполагали, что въ центрѣ вселенной находится земля. Такое странное на нашъ взглядъ положенiе они принимали не только потому, что

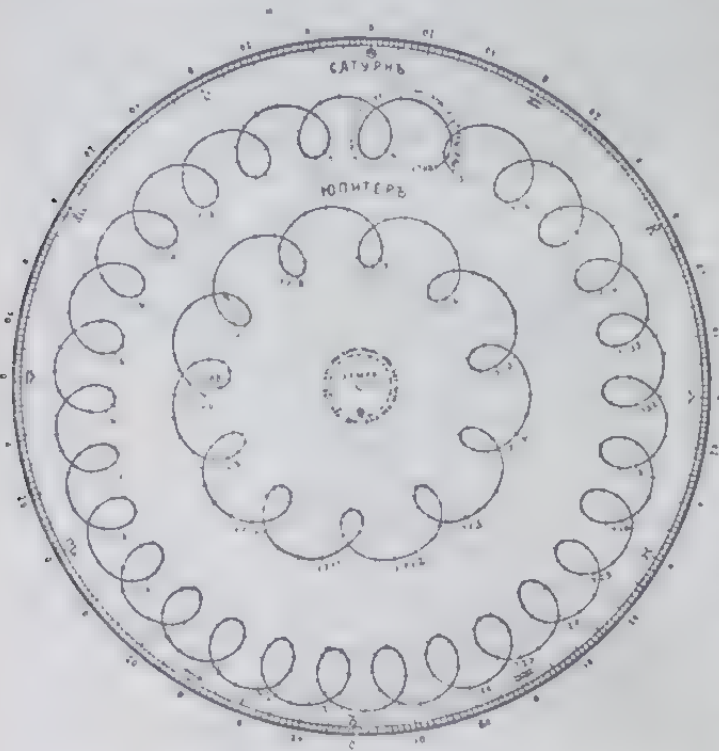


Рис. 48.

оно вполне согласовалось съ непосредственными впечатлѣнiями чувствъ, но главнымъ образомъ потому, что они считали землю важнѣйшимъ тѣломъ вселенной, ради котораго создана всѣ остальные тѣла. Кромѣ этого положенiя въ основу разсужденiй древнихъ астрономовъ лежало еще другое, также ничѣмъ не доказанное, а именно, что всѣ тѣла движутся равномерно по окружностямъ круговъ. Но ихъ мнѣнiю, Творецъ міра долженъ былъ устроить вселенную такъ, чтобы всѣ тѣла двигались по самымъ совершеннымъ кривымъ, т. е. по окружностямъ круговъ. Вышеприведенныя два положенiя, ни на чемъ не основанныя, долгое время считались неопровержимыми истинами, и даже на всякаго, кто сомнѣвался въ нихъ, смотрѣли какъ на преступника и еретика. Вслѣдствiе этого въ теченiе тысячелѣтiй истинное устройство вселенной оставалось для насъ совершенно неизвѣстнымъ.

Посмотримъ же, каковыя образомъ древне астрономы, исходя изъ этихъ положеній, объясняли такъ называемыя первое и второе неравенства въ движеніи планетъ.

§ 64. **Объясненіе перваго неравенства, эксцентрической кругъ.** На рис. 49 точка  $A$  есть центръ круговаго пути солнца  $CC'C'$ , а линия  $AV$  представляетъ линію равноденствій, отъ которой отсчитываются все долготы въ направленіи отъ  $C$  къ  $C'$ , съ запада на востокъ. Полный кругъ около земли солнце описываетъ въ теченіе года, въ теченіе сутокъ оно проходитъ постоянно одну и ту-же дугу  $Cm - C'm'$ . Если бы земля находилась въ центрѣ  $A$  круга  $CC'C'$ , то эти равныя дуги  $Cm$  и  $C'm'$  мы постоянно усматривали бы подъ равными углами  $CAm - C'Am'$ . Однако это противорѣчитъ наблюденіямъ, которыя показываютъ, что зимою солнце проходитъ въ теченіе сутокъ большую дугу, чѣмъ лѣтомъ. Поэтому древне астрономы полагали, что земля находится въ некоторой точкѣ  $B$ , не совпадающей съ центрѣмъ круга  $CC'C'$ , причемъ въ этомъ случаѣ долготы свѣтила слѣдуетъ отсчитывать отъ линіи  $BV$ , параллельной линіи равноденствій  $AV$ . Изъ точки  $B$  наблюдатель усматриваетъ двѣ равныя дуги  $Cm$  и  $C'm'$  подъ различными углами  $CBm$  и  $C'Bm'$ , и такъ какъ первый изъ этихъ угловъ меньше втораго, то въ точкѣ  $C$  солнце должно находиться лѣтомъ, когда его долгота  $VBC$  или  $VAC$  равна  $100^\circ$ , точку же  $C'$  солнце занимаетъ зимою, когда его долгота  $VBC'$  или  $VAC'$  составляетъ  $280^\circ$ . Разстояніе  $AB$  отъ центра земли до центра круга  $CC'C'$ , очевидно, надо определить такъ, чтобы углы  $CBm$  и  $C'Bm'$  соответственно были равны  $57,2$  и  $61,2$ . Небольшое вычисленіе показываетъ, что требуемое условіе будетъ выполнено если мы примемъ, что  $CB = 0,965 AC$  и слѣдовательно  $AB = 0,035 AC$ . Такимъ образомъ искомое разстояніе  $AB$  составляетъ приблизительно  $\frac{1}{28}$ -ую часть радиуса  $AC$  круга  $CC'C'$ .

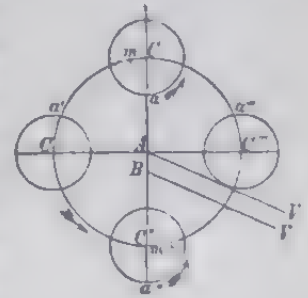


Рис. 49.

Такова, въ действительности, была теорія, предложенная Гиппархомъ для объясненія движенія солнца и въслѣдствіи распространенная также на все планеты. Кругъ  $CC'C'$ , по которому движется солнце и центръ котораго не совпадаетъ съ центрѣмъ земли, былъ названъ эксцентрическимъ кругомъ. Сообразно съ этой теоріей, въ началѣ года солнце занимаетъ точку  $C$ , въ это время оно движется съ наименьшею скоростью, и такъ какъ оно находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли, то его видимый диаметръ представляется наблюдателю наименьшимъ. Въ началѣ января солнце находится въ точкѣ  $C$ , въ это время какъ скорость движенія, такъ и видимый диаметръ солнца убываютъ извилистыми. При движеніи по полуокружности  $CC'C'$  солнце постоянно приближается къ землѣ, поэтому скорость движенія и видимый диаметръ его въ это время постепенно увеличиваются. При движеніи же солнца по полуокружности  $C'C'C$ , скорость и видимый диаметръ его снова уменьшаются и при томъ по тому же самому закону, по которому они прежде увеличивались. Когда солнце находится на полуокружности  $C'C'C$  въ точкѣ  $C'$  и  $C$ , то оно движется съ некоторою среднею скоростью, и также видимый диаметръ его равенъ некоторой средней величинѣ. Все это довольно хорошо согласовалось съ наблюденіями, которыя въ тѣ времена, безъ сомнѣнія, были еще весьма несовершенны.

Уже древне астрономы изъ своихъ наблюденій замѣтили, что скорости движенія и видимыя диаметры луны и остальныхъ планетъ измѣняются подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто для солнца. Поэтому, вышеизложенная теорія и была примѣнена древними астрономами для объясненія такъ называемаго перваго неравенства въ движеніи планетъ вообще. Известно, что видимый диаметръ свѣтила измѣняется обратно пропорціонально разстоянію его до земли (§ 43). Если бы древне астрономы могли производить точныя наблюденія, то они замѣтили бы, что только что высказанный законъ не согласуется съ

ихъ теоріей движенія планетъ. При помощи своихъ несовершенныхъ инструментовъ они во всякомъ случаѣ могли бы открыть это несогласіе относительно ближайшаго къ землѣ свѣтила — луны, если бы они съ надлежащимъ вниманіемъ слѣдили за этимъ свѣтломъ. Согласно съ ихъ теоріей, разность между наибольшей и наименьшей величинами видимаго діаметра луны должна доходить до 9'; на самомъ же дѣлѣ эта разность составляетъ только 4. Наблюдательныя средства древнихъ были вообще недостаточны, чтобы опредѣлять разстоянія свѣтилъ до земли. Поэтому они пахотились въ полномъ невѣдѣніи относительно этого важнаго вопроса.

§ 65. **Объясненіе второго неравенства, эпициклы и деференты.** Далѣе, необходимо было объяснить такъ называемое второе неравенство въ движеніи планетъ, т. е. ихъ стоніи и обратныя движенія. Но такъ какъ древніе астрономы считали за непреложныя истины два вышеприведенныя (§ 63) положенія, по которымъ земля находится въ центрѣ вселенной, и всѣ небесныя тѣла равномерно движутся по окружностямъ круговъ, то они приняли, что по окружности  $CC'$  эксцентрическаго круга (§ 64) движется равномерно съ запада на востокъ центръ другаго круга  $Ca$ , а по окружности этого послѣдняго, также равномерно и съ запада на востокъ, центръ планеты. Этотъ второй кругъ  $Ca$  древніе астрономы называли эпицикломъ; эксцентрическій же кругъ  $CC'$  иначе называется деферентомъ.

При помощи теоріи эпицикловъ и деферентовъ, вообще, легко можно объяснить какъ прямыя и обратныя движенія планетъ, такъ и ихъ стоніи. Положимъ, напр., что центръ эпицикла находится въ точкѣ  $C$ , а планета, занимаетъ на эпициклѣ точку  $a''$ , наиболее удаленную отъ земли.

Въ этомъ случаѣ обѣ точки  $C''$  и  $a''$  перемѣщаются по одному и тому-же направленію съ запада на востокъ, и наблюдателю съ земли кажется, что планета движется со скоростью, равную суммѣ скоростей точекъ  $C''$  и  $a''$ . Слѣдовательно, въ это время наблюдается наибольшее прямое движеніе планеты.

Черезъ полъ-оборота центръ эпицикла займетъ положеніе  $C'$ . Положимъ, что планета въ это время находится на эпициклѣ въ точкѣ  $a$ , ближайшей къ землѣ  $B$ . Въ такомъ случаѣ движеніе точекъ  $C'$  и  $a$  происходитъ по прямо противоположнымъ направленіямъ. Если мы допустимъ, что скорость движенія планеты по окружности эпицикла больше скорости движенія центра эпицикла по окружности деферента, то наблюдателю съ земли должно казаться, что планета движется съ востока на западъ со скоростью, равную разности скоростей точекъ  $a$  и  $C'$ . Слѣдовательно, въ это время наблюдается наибольшее обратное движеніе планеты.

Въ точкѣ  $a'$  направленіе движенія планеты по окружности эпицикла перпендикулярно къ линіи  $BC''$ , соединяющей центръ эпицикла  $C''$ , а также и точку  $a'$  съ землею  $B$ . По мѣрѣ же перемѣщенія центра эпицикла  $C''$  по окружности деферента съ запада на востокъ, перемѣщается также и планета  $a''$  по окружности эпицикла, и потому направленіе движенія планеты составляетъ все меньшій и меньшій уголъ съ линіей, соединяющей планету съ землею. Вслѣдствіе этого наблюдатель усматриваетъ съ земли все подъ меньшимъ и меньшимъ угломъ одну и ту-же дугу, проходящую планетой по окружности эпицикла въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, и ему кажется, что скорость прямого движенія планеты постепенно уменьшается. Наконецъ, центръ эпицикла достигаетъ такой точки, въ которой движеніе планеты по эпициклу направлено прямо на землю. Въ такомъ случаѣ, движенія планеты по эпициклу наблюдатель, очевидно, совсѣмъ не можетъ замѣтить, и ему въ этотъ моментъ кажется, что планета движется съ запада на востокъ со среднею скоростью, равную скорости движенія центра эпицикла по окружности деферента. Послѣ этого направленіе движенія планеты по эпициклу составляетъ съ направленіемъ на землю все большій и большій уголъ, видимая съ земли скорость движенія планеты по окружности эпицикла все увеличивается, а такъ какъ направленіе движенія планеты при этомъ обратно

направленію движенія центра эпицикла по окружности деферента, то наблюдателю кажется, что скорость прямого движенія планеты постоянно уменьшается. Наконецъ скорость движенія планеты по эпициклу, постоянно увеличиваясь, дѣлается равной скорости движенія центра эпицикла по деференту. Въ это время съ земли наблюдается, очевидно, такъ называемое стояніе планеты. Послѣ стоянія планеты, видимая съ земли скорость ея движенія по эпициклу превосходитъ скорость движенія центра эпицикла, и такъ какъ оба эти движенія направлены въ разныя стороны, то наблюдателю кажется, что прямое движеніе планеты измѣнилось на обратное, и что скорость ея обратнаго движенія постоянно растетъ, пока, наконецъ, не достигнетъ въ точкѣ *C* своей наибольшей величины. При движеніи планеты по полуокружности *CC'* наблюдаются подобныя же явленія только въ обратномъ порядкѣ.

§ 66. **Опредѣленіе временъ обращенія планеты по эпициклу и центра эпицикла по деференту.** Чтобы положенія планетъ, вычисленныя на основаніи изложенной въ предыдущемъ параграфѣ теоріи, согласовались съ наблюдаемыми ихъ положеніями, необходимо извѣстнымъ образомъ опредѣлить радиусы эпицикловъ и деферентовъ, а также скорости, съ которыми происходятъ движенія по окружностямъ этихъ круговъ.

Съ этой цѣлю древніе астрономы приняли, что промежутокъ времени, въ теченіе котораго планета совершаетъ полный оборотъ по окружности своего эпицикла, равенъ ея синодическому обращенію (§ 62); промежутокъ же времени, въ теченіе котораго центръ эпицикла совершаетъ полный оборотъ по окружности деферента, для верхнихъ планетъ равенъ ихъ сидерическому обращенію (§ 61), а для двухъ нижнихъ планетъ, Меркурія и Венеры, сидерическому обращенію солнца, т. е. 365,256 днямъ.

Такъ какъ изъ наблюденій было извѣстно, что для верхнихъ планетъ, во время ихъ соединенія съ солнцемъ (§ 45), скорость прямого движенія достигаетъ наибольшей величины, а во время противостоянія скорость обратнаго движенія дѣлается наибольшей, то, очевидно, слѣдовало допустить, что любая изъ верхнихъ планетъ во время соединенія находится на эпициклѣ въ точкѣ *a'* (рис. 49), наиболѣе удаленной отъ земли, а во время противостоянія въ точкѣ *a*, ближайшей къ землѣ. Что касается нижнихъ планетъ, то онѣ совсѣмъ не могутъ быть въ противостояніи съ солнцемъ; за-то для нихъ возможны два соединенія. То соединеніе, при которомъ скорость прямого движенія наибольшая и видимый діаметръ наименьшій, называется верхняго соединенія; другое же, при которомъ какъ скорость обратнаго движенія, такъ и видимый діаметръ достигаютъ наибольшихъ своихъ величинъ, носитъ названіе нижняго соединенія. Чтобы теорію движенія нижнихъ планетъ привести въ согласіе съ наблюденіями, необходимо было допустить, что во время верхняго соединенія онѣ находятся въ наиболѣе удаленной отъ земли точкѣ *a'* своего эпицикла, а во время нижняго соединенія въ ближайшей точкѣ *a*

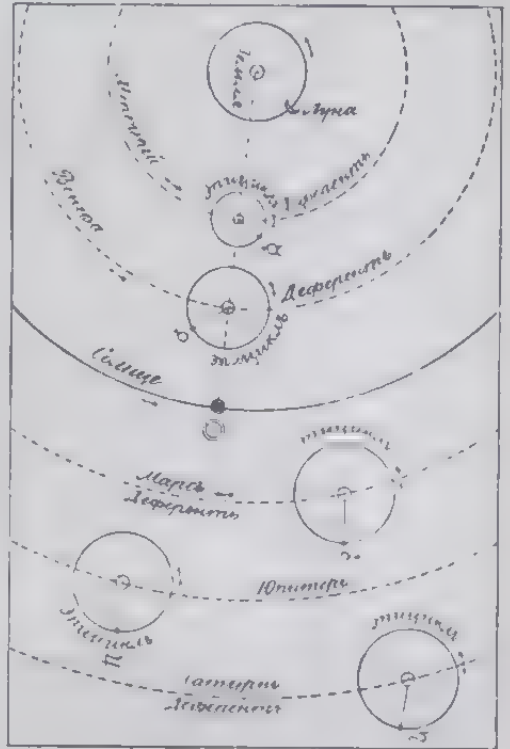


Рис. 50.



§ 67. **Планетная система Птолемея.** Теорию эпицикловъ и деферентовъ во всей полнотѣ впервые изложилъ Птоломей, жившій въ Александрии въ срединѣ второго вѣка послѣ Р. Х., въ своемъ сочиненіи *Μεγάλη Σύνταξις*, которое извѣстно намъ болѣе подъ арабскимъ названіемъ Альмагеста. Согласно съ теоріей Птолемея, земля покоится неподвижно въ центрѣ 11-ти концентрическихъ сферъ. Планеты движутся около земли по окружностямъ большихъ круговъ, лежащихъ на этихъ сферахъ. Луна движется по ближайшей къ землѣ окружности, радиусъ которой наименьшій. По окружностямъ слѣдующихъ 6-ти круговъ по порядку движется: Меркурій, Венера, Солнце, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ, остальные же двѣ планеты, Уранъ и Нептунъ, во времена Птолемея еще не были извѣстны. \* Всѣ небесныя тѣла, за исключеніемъ Луны и Солнца, движутся собственно не по окружностямъ вышеупомянутыхъ круговъ, а по соответственнымъ эпицикламъ. Система Птолемея представлена на рис. 50. \* За той сферой, на которой лежитъ окружность большого круга, описываемаго около земли Сатурномъ, по предположенію Птолемея, находится восьмая сфера съ расположенными на ней неподвижными звѣздами. Девятая и десятая сферы были нужны Птолемею для объясненія явленія пресесии (глава VIII). Наконецъ, назначеніе одиннадцатой сферы, внутри которой заключались всѣ остальные и которую Птоломей называлъ *primus mobile*, состояло въ томъ, чтобы скруточно вращать всѣ 10 внутреннихъ сферъ около неподвижной земли съ востока на западъ, между тѣмъ какъ, вслѣдствіе собственнаго движенія, планеты должны перемѣщаться по поверхностямъ соответственныхъ сферъ съ запада на востокъ. Вращеніемъ четвертой сферы, по поверхности которой перемѣщается Солнце, объяснялась смена дней и ночей. Чтобы объяснить также смену временъ года, Птоломей предположилъ, что солнце по своей сферѣ движется не по окружности круга, а по некоторой винтообразной кривой и такимъ образомъ при своемъ движеніи то удаляется отъ экватора, то снова къ нему приближается.

Выше описанное устройство вселенной извѣстно подъ названіемъ планетной системы Птолемея. Вѣкомъ, кто внимательно прочиталъ все, изложенное раньше, сразу становится яснымъ, что система Птолемея противорѣчитъ многимъ наблюдаемымъ фактамъ. Если бы вселенная была устроена согласно съ системой Птолемея, то двѣ нижнія планеты, Меркурій и Венера, могли бы иногда усаживаться въ части неба, прямо противоположной солнцу, т. е. могли бы иногда быть въ противостояніи (§ 45) съ солнцемъ. Наблюденія же показываютъ, что этого никогда не бываетъ. Располагая въ своей системѣ планеты въ извѣстномъ порядкѣ, Птоломей, очевидно, принималъ, что чѣмъ больше скорость движенія планеты, тѣмъ ближе къ землѣ она находится. Такъ, Луна, совершающая полный оборотъ около земли въ 27 дней, движется по ближайшей къ землѣ окружности. Сатурнъ же, совершающій полный оборотъ въ 29 лѣтъ, движется по наибольшей отдаленной окружности. Между Луной и Сатурномъ легко было расположить Солнце, Марса и Юпитера, принимая во вниманіе скорости ихъ движенія. А на какомъ разстояніи отъ земли должны находиться Меркурій и Венера, которая движется то быстрее, то медленнѣе Солнца? Птоломей изобрѣлъ ихъ двигать внутри той сферы, по которой перемѣщается Солнце, очевидно не имѣвъ для этого никакихъ достаточныхъ основаній и поступить просто наудачу. Дѣлать, трудно повѣять, какимъ образомъ земля, находящаяся въ центрѣ вселенной, можетъ приводить въ движеніе крайнюю однадцатую сферу, а черезъ посредство этой послѣдней и всѣ остальные сферы съ ихъ планетами и неподвижными звѣздами еще болѣе непостижимо для нашего ума, что всѣ сферы при этомъ совершаютъ еще кругъ около центра земли въ точности въ одно и то же время, именно въ 24 часа.

Для того, вѣроятно, чтобы легче можно было допустить общее вращеніе всѣхъ этихъ сферъ около центра земли, Птоломей полагалъ, что онѣ сдѣланы изъ твердаго прозрачнаго вещества. Такимъ образомъ, сферы въ планетной системѣ Птолемея суть такъ

называемыя кристаллыя сферы, вращающіяся около земли вмѣстѣ съ прикрѣпленными къ нимъ планетами и звѣздами. Но если сдѣлать такое, тоже до крайности странное допущеніе, то какими образомъ должны совершать свое движеніе безчисленныя кометы? Вѣдь онѣ, при своемъ движеніи, должны были бы въ короткое время въ дребезги разбить все эти кристаллыя сферы.

§ 68. **Египетская планетная система.** На основаніи вышеизложенныхъ соображеній непригодность системы Птолемея была настолько очевидна, что уже древніе астрономы не могли не замѣтить этого. Особенно бросалось въ глаза, что Меркурій и Венера никогда не наблюдаются въ противостояніи съ солнцемъ, между тѣмъ какъ это имѣло бы мѣсто, если бы вселенная была устроена согласно съ системой Птолемея. Немудрено поэтому, что система Птолемея еще въ древній время подвергалась нѣкоторымъ измѣненіямъ. Въ новой измѣненной системѣ Луна, Солнце, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ по прежнему движутся по окружностямъ круговъ, въ общемъ центрѣ которыхъ неподвижно покоится земля; двѣ же нижнія планеты, Меркурій и Венера, совершаютъ свои движенія по окружностямъ меньшихъ размѣровъ, центръ которыхъ совпадаетъ съ центромъ солнца. Эта система известна подъ названіемъ египетской планетной системы, хотя въ настоящее время мы знаемъ, что она впервые была предложена Гераклидомъ Понтійскимъ и только впоследствии была повѣрно приписана египтянамъ. Въ этой системѣ нижнія планеты Меркурій и Венера являются спутниками солнца и уже вмѣстѣ съ нимъ движутся около земли. Не трудно убѣдиться въ томъ, что, благодаря этому, въ египетской планетной системѣ для нижнихъ планетъ противостоянія съ солнцемъ невозможны. Но все другія возраженія, приведенныя въ предыдущемъ параграфѣ противъ системы Птолемея, сохраняютъ свою силу и въ настоящемъ случаѣ. Хотя египетская система представляла движенія планетъ довольно согласно съ наблюденіями древнихъ астрономовъ, все-же ее нельзя признать за истинную. Съ теченіемъ времени, благодаря болѣе точнымъ наблюденіямъ, астрономы все болѣе и болѣе знакомившись съ подробностями въ движеніи планетъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, объясненіе этого движенія при помощи планетной системы древнихъ становилось болѣе затруднительнымъ.

Въ движеніи нижнихъ планетъ и особенно въ движеніи луны были замѣчены нѣкоторыя неправильности, объяснить которыя движеніемъ этихъ тѣлъ по эпицикламъ не было никакой возможности. Поэтому было сдѣлано допущеніе, что по окружности деферента движется центръ перваго эпицикла, по окружности перваго эпицикла центръ втораго эпицикла и т. д. и, наконецъ, по окружности послѣдняго эпицикла—центръ планеты. Но введеніемъ такимъ образомъ цѣлую систему эпицикловъ, астрономы все-таки не могли вполне объяснить наблюдаемыя движенія планетъ. Еще труднѣе было, пользуясь системой эпицикловъ, принять во вниманіе движеніе планеты по широтѣ. Для этого приходилось плоскость каждаго эпицикла наклонять подъ различными углами какъ къ плоскостямъ остальныхъ эпицикловъ, такъ и къ плоскости деферента. Такимъ образомъ получалась весьма сложная и запутанная система взаимно наклоненныхъ круговъ. Съ другой стороны, не удивительно-ли, что въ планетной системѣ древнихъ для объясненія движенія однихъ небесныхъ тѣлъ приходилось прибѣгать къ 2 или даже къ 3 эпицикламъ, движеніе другихъ съ достаточною точностью представлялось съ помощью только одного эпицикла и, наконецъ, движеніе солнца можно было объяснить, пользуясь однимъ только деферентомъ? Не удивительно-ли также, что движенія планетъ около земли зависѣли отъ ихъ положенія относительно солнца, которое, по понятіямъ древнихъ, само было одною изъ планетъ?

Кромѣ того необходимо было допустить, что центръ эпицикла, эта воображаемая, ничѣмъ не обозначенная точка, служила мѣстопребываніемъ какой-то таинственной силы, которая заставляла планету двигаться по его окружности! И какую поразительно сложную и запутанную кривую линію должна была въ дѣйствительности описывать въ пространствѣ каждая планета! Въ довершеніе всего каждая планета въ теченіе сутокъ должна была вмѣстѣ

со всеми неподвижными звездами совершать оборотъ около земли! Поэтому вполне понятно, что еще древние, приди въ ужасъ отъ сложности всѣхъ этихъ перепутанныхъ между собою движеній, допустили существованіе особаго для каждой планеты духовнаго руководителя, который невидимой рукой управлялъ ея движеніемъ по небесной сферѣ, слѣдя за тѣмъ, чтобы она не сблизилась со своего пути. Говорятъ, что Альфонсъ X Кастильскій, подробно изучая планетную систему древнихъ, однажды воскликнулъ: «*Si a principio creatio- nis humanae Dei altissimi consilio interfuissem, nonnulla melius ordinatusque condita fuissem*». Но видъ древнимъ были известны только наиболѣе значительныя неравенства въ движеніи планетъ, достигавшія одного градуса. Во что-же обратилась-бы ихъ планетная система, если бы они вѣдучами подобнымъ же образомъ представили всѣ безчисленныя неправильности въ движеніи планетъ, доступныя лишь новѣйшимъ точнымъ инструментамъ, всѣ мажѣйшія возмущенія, зависящія отъ дѣйствія планетъ другъ на друга!

§ 69. **Планетная система Коперника.** Въ такомъ состояніи находилась возвышеннѣйшая изъ наукъ—астрономія съ древнѣйшихъ временъ до середины XVI-го столѣтія по Р. Хр., т. е. до времени Коперника. Впрочемъ, благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ Скляпарелли, мы въ настоящее время знаемъ, что уже у древнихъ грековъ встрѣчались отдѣльныя лица, которыя, освободившись отъ укоренившихся съ вѣками предрасудковъ толпы, предугадывали истину. Такъ Филолай, жившій за 450 лѣтъ до Р. Хр., и послѣ него Платонъ полагали, что земля вращается около оси; Гераклидъ Понтійскій училъ, что земля вращается около оси и что Меркурій и Венера описываютъ круги около солнца. Наконецъ, Аристархъ Самосскій полагалъ, что земля и, вообще, всѣ планеты движутся по кругамъ, въ центрѣ которыхъ находится солнце; онъ же объяснялъ времена года вращеніемъ земли около оси, наклоненной къ плоскости эклиптики, и считалъ, что диаметръ круга, описываемаго землею около солнца, ничтоженъ въ сравненіи съ разстояніями до неподвижныхъ звездъ. Но эти философы не могли привести достаточныхъ основаній для подтвержденія высказанныхъ ими положеній, и потому ихъ ученія не были приняты всѣми. Далѣе, съ начала христіанской эры до XV-го столѣтія, мы встрѣчаемъ еще нѣкоторые правильныя астрономическія воззрѣнія у индійцевъ, къ которымъ они могли перейти около 500-го года послѣ Р. Хр. отъ египтянъ. Но все это со временемъ было совершенно забыто, и только Коперникъ снова, уже съ полною опредѣленностью, высказываетъ правильныя мысли объ устройствѣ вселенной, повидимому, совершенно не подозревая, что и до него подобныя мысли высказывались отдѣльными лицами. Надъ развитіемъ своего новаго ученія Коперникъ работалъ съ неутомимой энергіей почти въ теченіе всей своей 70-лѣтней жизни. Изложилъ онъ его въ появившемся незадолго до его смерти сочиненіи: «*De revolutionibus orbium coelestium, Norimbergae, 1543*». При этомъ Коперникъ не ограничился однимъ только изложеніемъ своего ученія, но старался также доказать правильность этого ученія путемъ сравненія его съ наблюдаемыми небесными явленіями. Ученіе Коперника не есть одно только умозрительное ученіе, подобное ученію его предшественниковъ; онъ далъ истинное объясненіе небесныхъ явленій, доказавъ его справедливость посредствомъ вычисленій и наблюденій. Тамъ, гдѣ древніе философы говорили лишь о возможности того или другаго объясненія, Коперникъ, основываясь на вполне достовѣрныхъ положеніяхъ, доказалъ, что это объясненіе есть единственно вѣрное. Только его рѣдкой мудрости и высокому мужеству удалось привнести то, что онъ выступилъ противъ общераспространеннаго, господствовавшаго въ теченіе тысячелѣтій мнѣнія, рискуя подвергнуться той опасности, которой не могъ избѣжать сто лѣтъ спустя его великій послѣдователь Галилей. Кеплеръ, имѣя въ виду гдѣ предубѣжденія, съ которыми пришлось бороться Копернику, сказалъ о немъ: «*Vir fuit summus ingenii et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber*».

Согласно съ планетной системой Коперника, всѣ планеты движутся по концентрическимъ кругамъ, въ общемъ центрѣ которыхъ находится солнце. По степени удаленія отъ солнца,

планеты слѣдуютъ одна за другой въ слѣдующемъ порядкѣ: Меркурій, Венера, Земля, Марсъ, Юпитеръ и Сатурвъ; остальные планеты въ тѣ времена еще не были извѣстны. Движенія всѣхъ планетъ около солнца совершаются съ запада на востокъ; земля, около которой въ теченіе 27 дней обращается ея спутникъ—луна, совершаетъ, кромѣ того, въ теченіе сутокъ въ томъ же самомъ направленіи полный оборотъ около своей оси, имѣющей наклонное положеніе относительно плоскости эклиптики, въ которой постоянно находится земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца. Вращеніемъ земли около оси въ связи съ ея годовымъ движеніемъ объясняются, съ одной стороны, смѣна дней и ночей, а съ другой—смѣна времени года, какъ это мы видѣли уже раньше (Глава IV). Что же касается небесной сферы съ ея безчисленными звѣздами, то она находится въ совершенномъ покоѣ, и если на ней не отражается перемѣщеніе нашей земли къ пространствѣ, то это происходитъ отъ того, что разстоянія отъ земли до звѣздъ чрезвычайно велики.

Планетная система Коперника настолько проста, что предполагаемое ею устройство вселенной понятно безъ всякаго чертежа. Посмотримъ же, какимъ образомъ при помощи этой системы объясняются удивительныя движенія планетъ, доставившія столько труда древнимъ астрономамъ.

Сначала будемъ имѣть въ виду какую-нибудь верхнюю планету. Пусть точка *S* представляетъ центръ солнца и, вмѣстѣ съ тѣмъ, общій центръ двухъ concentрическихъ круговъ I, II, III... и 1, 2, 3... (рис. 51). Положимъ, что по окружности перваго изъ этихъ круговъ движется около солнца земля, а по окружности второго—какая-нибудь верхняя планета, и что оба эти движенія происходятъ равномерно въ направленіи съ запада на востокъ. Положимъ еще, что въ тѣ моменты, когда земля занимаетъ положенія I, II... , планета находится соответственно въ точкахъ 1, 2... своего пути. Когда земля, вскорѣ послѣ соединенія планеты съ солнцемъ, приходитъ въ точку 1, планета, находящаяся въ дѣйствительности въ точкѣ 1 своего пути, усматривается съ земли въ точкѣ 1' небесной сферы. Въ это время, т. е. около соединенія, наблюдателю кажется, что скорость прямого движенія планеты достигаетъ наибольшей величины, такъ какъ она равна суммѣ скоростей истинныхъ движеній планеты и земли, изъ которыхъ первая движется справа налѣво, а вторая слѣва направо. Спустя нѣкоторое время земля перемѣтится въ точку II, а планета займетъ положеніе 2 на своемъ пути. Въ это время планета находится въ квадратурѣ съ солнцемъ, такъ какъ уголъ *SI2* прямой, и, слѣдовательно, движеніе земли направлено прямо на планету. Въ это время видимое движеніе планеты, очевидно, равно ея истинному движенію по своему пути, и планета, занимающая точку 2, усматривается съ земли въ точкѣ 2' небесной сферы, значительно дальше къ востоку, чѣмъ во время соединенія.

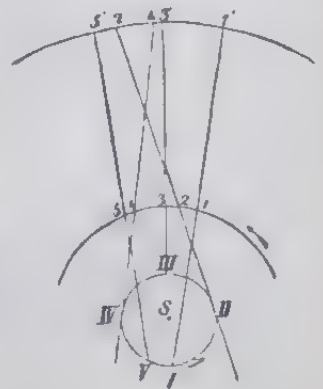


Рис. 51.

Послѣ квадратуры направленіе движенія земли составляетъ все меньшій и меньшій уголъ съ направлениемъ движенія планеты, и такъ какъ оба движенія происходятъ въ одну сторону, то видимое движеніе планеты все больше и больше замедляется. Около времени оппозиціи планеты съ солнцемъ, когда земля и планета находятся соответственно въ точкахъ III и 3, какъ земля, такъ и планета движутся справа налѣво по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ линіи зрѣнія *SI3*. Въ этомъ случаѣ скорость видимаго движенія планеты равна разности скоростей истинныхъ движеній обохъ тѣлъ. Но въ виду того, что скорость движенія земли, какъ ближайшаго къ солнцу тѣла, больше скорости планеты, движеніе этой послѣдней представляется наблюдателю обратнымъ: скорость обратнаго движенія планеты въ это время

должна быть наибольшая, и планета усматривается съ земли въ точкѣ 3 небесной сферы, где кажется отступившей отъ точки 2 на значительное разстояние къ западу. Между квадратурой планеты и ея противоположіемъ земля, перемѣщаясь по своему пути изъ точки II въ точку III, въ некоторый моментъ занимаетъ такое положеніе изъ котораго планета представляется наблюдателю неподвижной. Это и есть моментъ стоянія планеты.

Послѣ противоположія планеты уголъ, составляемый направлениемъ движенія земли съ направлениемъ движенія планеты, снова постепенно увеличивается, вѣдствие чего скорость кажущагося обратнаго движенія ея все болѣе и болѣе уменьшается, и, наконецъ, для наблюдателя, находящагося на землѣ, вторично наступаетъ моментъ стоянія планеты. Послѣ этого момента видимое движеніе планеты дѣлается снова прямымъ, и скорость движенія постоянно увеличивается.

Во время второй квадратуры, когда земля находится въ точкѣ IV, а планета въ точкѣ 4, планета представляется наблюдателю передвинувшейся на небесной сферѣ въ точку 4, нѣсколько къ востоку отъ точки 3, и скорость ея видимаго движенія, какъ и во время первой квадратуры, равна скорости ея истиннаго движенія, такъ какъ направление движенія земли совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей, и потому движеніе земли не оказываетъ никакого вліянія на скорость видимаго движенія планеты. Послѣ этой квадратуры видимая скорость прямого движенія планеты возрастаетъ еще болѣе; поэтому, когда земля находится въ точкѣ V, а планета въ точкѣ 5, планета кажется перемѣстившейся на небесной сферѣ еще дальше къ востоку въ положеніе 5. Наконецъ, когда планета снова приходитъ въ соединеніе съ солнцемъ, скорость прямого движенія достигаетъ наибольшей величины. Съ этого момента начинается новый періодъ, въ теченіе котораго всѣ подробности видимаго движенія планеты повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Едва ли необходимо приводить тѣ-же самыя разъясненія относительно движенія нижнихъ планетъ. Ихъ движеніе мы легко себѣ представимъ, если вообразимъ два концентрическихъ круга и доложимъ что по окружности вѣшняго круга движется около солнца

земля, а окружность внутренняго круга, меньшихъ радиусовъ, есть путь, описываемый нижней планетой около солнца. Во время верхняго соединенія планеты (§§ 45 и 66), когда солнце находится между планетой и землей, ихъ истинныя движенія совершаются по прямо противоположнымъ направлениямъ; поэтому, наблюдателю съ земли кажется, что движеніе планеты прямое, и что скорость этого движенія наибольшая. Послѣ верхняго соединенія уголъ, составляемый направлениемъ движенія



Рис. 52

земли съ направлениемъ движенія планеты, увеличивается, и, вѣдствие того, кажущееся прямое движеніе планеты постепенно замедляется. Во время восточной элонгации (§ 59) направление движенія планеты, иначе говоря, касательная къ кругу, описываемому планетой около солнца, совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей; поэтому наблюдателю кажется, что планета перемѣщается на небесной сферѣ на такую же дугу въ лѣвую сторону, на которую земля по своему пути движется въ правую. Послѣ этого момента кажъ

земля, так и планета начинают двигаться по своимъ путямъ объ въ одну и ту-же сторону, именно направо. Наконецъ, во время нижняго соединенія планеты съ солнцемъ направлення движенія планеты и земли дѣлаются въ точности параллельными между собою. Но въ виду того, что движеніе планеты, какъ гѣла, ближайшаго къ солнцу, происходитъ быстрѣе, чѣмъ движеніе земли, наблюдателю кажется, что планета имѣетъ обратное движеніе, и что скорость обратнаго движенія достигаетъ наибольшей величины. Следовательно и нижняя планета, между восточной элонгаціей и нижнимъ соединеніемъ, въ некоторый моментъ занимаетъ такое положеніе, въ которомъ она представляется съ земли неподвижно стоящей. Это и есть моментъ стоянія нижней планеты.

Послѣ нижняго соединенія, когда планета движется по второй половинѣ своего пути, наблюдаются тѣ-же самыя особенности въ ея движеніи, только въ обратномъ порядкѣ. Когда планета снова приходитъ въ верхнее соединеніе съ солнцемъ, начинается новый періодъ, въ теченіе котораго всѣ подробности движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Все это въ точности согласуется съ вышеупомянутыми (§§ 59 и 60) наблюдаемыми движеніями планетъ. Если мы примемъ для радиусовъ круговъ, по окружностямъ которыхъ совершаютъ свои движенія около солнца земли и какая-нибудь планета, величины приведенныя ниже въ § 84, и если мы омылимъ на окружности этихъ круговъ положенія планеты и земли, сообразно съ временами обращенія, данными тамъ-же, то полученныя черезъ такое построеніе положенія, въ которыхъ планета представляется съ земли неподвижно стоящей, и величина дуги, проходимой планетой обратнымъ движеніемъ, вполнѣ согласуются съ тѣми, которыя выводятся изъ наблюдений. На рисункѣ 52 окружность *СГТТ* есть путь, описываемый нижней планетой около находящагося въ центрѣ этой окружности солнца; точка *Е* представляетъ землю, а по крайней окружности движется одна изъ верхнихъ планетъ *Р*. При одномъ взглядѣ на рисунокъ 52 ясно, почему нижняя планета постоянно усматривается вблизи солнца.

Точно также понятно, что видимый діаметръ верхнихъ планетъ во время ихъ противостоянія съ солнцемъ и видимый діаметръ нижнихъ планетъ во время ихъ нижняго соединенія достигаютъ наибольшей величины, такъ какъ въ это время планеты находятся въ наименьшихъ разстояніяхъ отъ земли. Объясненіе движеній планетъ по системе Коперника вполнѣ согласуется также съ фазами, которыя наблюдаются въ зрительныя трубы у обѣихъ нижнихъ планетъ и которыя вполнѣ подобны фазамъ нашей луны.

Вообще планетная система Коперника самымъ естественнымъ и самымъ простымъ образомъ объясняетъ всѣ бросающіяся въ глаза особенности планетныхъ движеній, всѣ измѣненія видимаго діаметра планетъ, перемѣну прямого движенія на обратное и являющіеся слѣдствіемъ этой перемѣны узлы и петли, которыми характеризуются видимыя пути планетъ. Всѣ планеты, не исключая и земли, совершаютъ прямое движеніе по окружностямъ круговъ, въ общемъ центрѣ которыхъ находится солнце. Въ этомъ собственно и заключается вся сущность устройства планетной системы, все остальное есть не болѣе, какъ оптическій обманъ, обусловливаемый движеніемъ земли. Въ то время какъ система Птолемея была до крайности сложна и запутана, система Коперника является въ высшей степени простой и симметричной; въ первой системѣ трудности объясненія небесныхъ явленій росли вмѣстѣ съ увеличеніемъ точности наблюдений, во второй же каждое новое наблюденіе, каждое новое открытіе вмѣстѣ съ гѣмъ служило и новымъ подтвержденіемъ ея истинности. Такъ, наиримѣръ, когда была открыта аберація свѣта, то безчисленныя звѣзды, украшающія небесную сферу, явились свидѣтелями истинности этой системы. Вмѣстѣ съ введеніемъ системы Коперника наука приняла совершенно новую форму; только послѣ этого стало возможнымъ быстрое развитіе ея. Пока земля покоилась неподвижно въ центрѣ вселенной и сама астрономія должна была находиться въ застоѣ, и вдругъ открылся путь, который былъ закрытъ въ теченіе долгаго времени, и тамъ, гдѣ

прежде было царство мрака, теперь быстро распространился яркий свѣтъ истины. Начиная съ этой эпохи, которая останется памятной на вѣчныя времена, всякое открытіе влекло за собой другое, наука постоянно шла впередъ вплоть до нашихъ дней, что вполне естественно, такъ какъ отличительнымъ признакомъ всякой истины служить то, что она никогда не бываетъ одиокой и бесплодной, но, подобно лучу свѣта, освѣщаетъ вокругъ себя цѣлую область и чѣсто влечетъ за собой, какъ необходимое слѣдствіе, цѣлый рядъ новыхъ истинъ. Та новая форма, которую приняла наука благодаря открытію Коперника, явнымъ образомъ не является переходящей формой, которая съ каждымъ столѣтіемъ могла бы мѣняться, и нельзя опасаться, что будущія наблюденія и новыя открытія будутъ противорѣчить современному состоянію астрономіи: настоящая форма этой науки на вѣчныя времена останется неизмѣнной, такъ какъ изъ всѣхъ илишь такъ называемыхъ человѣческихъ истинъ истина, излагаемая въ астрономіи, одна изъ тѣхъ, которыя неоднократно подтверждалась весьма многочисленными наблюденіями въ теченіе болѣе, чѣмъ трехъ столѣтій.

§ 70. **Планетная система Тихо-Браге.** Пятьдесятъ лѣтъ спустя, датскій астрономъ Тихо-де-Браге сдѣлалъ попытку нѣсколько видоизмѣнить планетную систему Коперника.

Для Тихо-Браге не было никакого сомнѣнія въ томъ, что планеты движутся около солнца; поэтому въ своей планетной системѣ онъ заставилъ Меркурія, Венеру, Марса, Юпитера и Сатурна описывать окружности концентрическихъ круговъ около солнца, центръ котораго совпадаетъ съ общимъ центромъ всѣхъ этихъ круговъ, солнце же не покинется неподвижно, какъ это принимается по системѣ Коперника, а движется по окружности круга, въ центрѣ котораго онъ предположилъ неподвижную землю.

Точно также луна по системѣ

Тихо-Браге описывала кругъ непосредственно около земли (рис. 53). Такимъ образомъ Тихо-Браге, подобно древнимъ, помѣстилъ землю въ центрѣ вселенной и оставилъ двигаться около нея солнце, которое въ то-же время было подвижнымъ центромъ концентрическихъ круговъ, по окружностямъ которыхъ двигались непосредственно около солнца остальные планеты, совершая, вмѣстѣ съ солнцемъ, движеніе около земли.

Всѣмихъ системъ Коперника предложить свою собственную систему Тихо-Браге побудили, повидимому главнымъ образомъ, нѣкоторыя возраженія противъ суточнаго вращенія земли около оси, возраженія, которыя въ тѣ времена еще не могли быть опровергнуты и въ числу которыхъ принадлежало кажущееся противорѣчіе между теоріей и наблюденіями паденія тѣлъ съ большихъ высотъ (§ 13), съ другой стороны немаловажную роль, быть-можетъ, играли реальныя соображенія, такъ какъ въ это времена новое ученіе

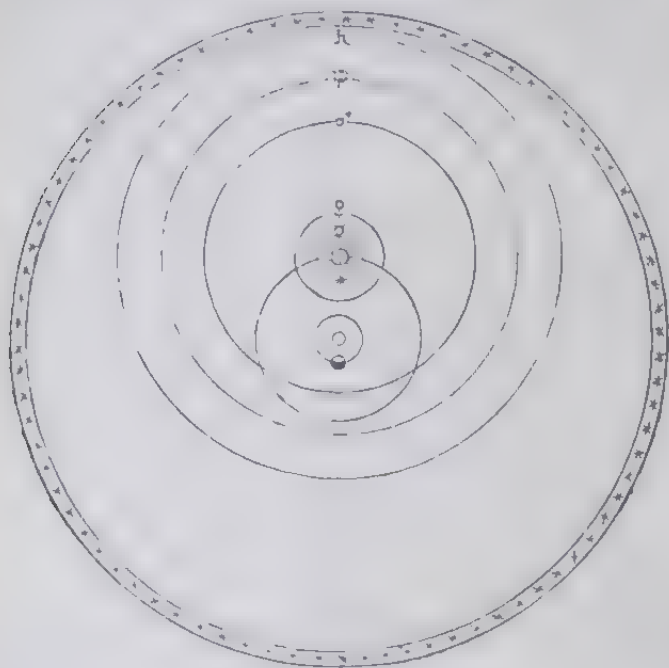


Рис. 53.

было признано противорѣчающимъ словамъ библіи и, слѣдовательно, еретическимъ. Система Тихо-Браге ни въ комъ не нашла сочувствія и вскорѣ была совершенно забыта.

§ 71. **Недостатокъ планетной системы Коперника.** Предложивъ свою планетную систему, Коперникъ навсегда испровергъ принятое всеми съ древнѣйшихъ временъ и, такъ сказать, освященное временемъ ученіе о неподвижномъ положеніи земли въ центрѣ вселенной. Такимъ образомъ онъ устранилъ огромное препятствіе, дѣлавшее невозможнымъ приобретение истинныхъ знаній о небесныхъ явленіяхъ и гѣрмелиннее усѣбное развитіе астрономіи. Благодаря этому, Коперникъ по справедливости можетъ быть названъ основателемъ новѣйшей астрономіи, но въ то-же время названія отца астрономіи онъ не заслуживаетъ, хотя его довольно часто такъ называли. Въдѣ наша настоящая планетная система не есть система Коперника въ томъ видѣ какъ онъ самъ изложилъ ее въ своемъ вышеупомянутомъ сочиненіи (§ 69). Новѣйшая планетная система значительно отличается отъ системы Коперника, и это различіе заключается не въ незначительныхъ поправкахъ и добавленіяхъ, а въ весьма существенныхъ измѣненіяхъ. Но во всякомъ случаѣ, основаніемъ новѣйшей системы служитъ самая главная идея системы Коперника, именно идея о суточномъ вращеніи земли около оси и о ея годовомъ движеніи около солнца.

Коперникъ намъ показалъ, что наиболѣе бросающаяся въ глаза неправильность въ движеніи планетъ, именно такъ называемое второе неравенство древнихъ (§ 62) не представляетъ свойства планетныхъ движеній, а есть лишь кажущееся явленіе, зависящее отъ движенія земли около солнца.

Однако сдѣланное Коперникомъ открытіе, что земля движется около солнца, не дало возможности объяснить такъ называемое первое неравенство древнихъ (§ 61). Это неравенство представляетъ уже свойство планетныхъ движеній, а не есть только кажущееся явленіе; поэтому и причину его надо искать въ движеніи самихъ планетъ, а не въ ихъ движеніи. Греки объясняли это неравенство при помощи эксцентрическаго круга (§ 64), эту гипотезу принялъ и Коперникъ, такъ какъ онъ не могъ отрѣшиться отъ мысли о движеніи планетъ по окружностямъ круговъ, о движеніи, по понятіямъ грековъ, единственно возможномъ. Совершенно достаточно и того, что онъ опровергнулъ одно изъ главныхъ заблужденій древнихъ астрономовъ, можетъ-быть, самое важное и во всякомъ случаѣ, самое вредное и самое опасное. Чтобы опровергнуть и второе заблужденіе, требовалось уже болѣе точное изученіе небесныхъ явленій, еще недоступное во времена Коперника, а не одно только благородное мужество, съ которымъ онъ выступилъ противъ невѣрнаго положенія, считавшагося всѣми неопровержимымъ и согласнаго съ непосредственными впечатлѣніями чувствъ.

§ 72. **Первый законъ Кеплера.** Кеплеръ, современникъ Тихо-Браге, благодаря своему проникательному уму, тотчасъ призналъ истинность планетной системы Коперника, на основаніи которой все планеты, а въ томъ числѣ и земля совершаютъ свои движенія около солнца. Желаніе поставить предложенную Коперникомъ теорію на болѣе прочное основаніе побудило Кеплера сравнить ее съ прекрасными для того времени наблюденіями Тихо-Браге. Путемъ такого сравненія Кеплеръ, послѣ многочисленныхъ, отнявшихъ у него много времени и труда вычисленій, убѣдился въ томъ, что теорія согласуется съ наблюденіями не на столько хорошо, какъ этого можно было бы ожидать, судя по точности наблюденій Тихо-Браге.

Коперникъ, предложивъ свою планетную систему, объявилъ, какъ мы выше упомянули, только второе неравенство въ движеніи планетъ (§ 62), но за-то въ справедливости этого объясненія уже не оставалось никакого сомнѣнія, и этотъ вопросъ былъ окончательно рѣшенъ разъ навсегда. Для объясненія же перваго неравенства онъ прибѣгнулъ къ помощи эксцентрическаго круга древнихъ. Эта гипотеза объясняла измѣненія скорости движенія планетъ во всякомъ случаѣ достаточно согласно съ несовершенными наблюденіями



древних астрономов. Но отъ ихъ вниманія ускользнуло одно обстоятельство, которое показываетъ, что объясненіе перваго неравенства при помощи эксцентрическаго круга не вѣрно, и которое они, безъ сомнѣнія, могли-бы замѣтить, если-бы болѣе тщательно слѣдили за ближайшимъ къ намъ тѣломъ — луной.

Наибольшая часовая скорость движенія луны по долготѣ составляетъ 38,4; наблюденія показываютъ, что видимый ея діаметръ въ это время достигаетъ также наибольшей величины и равенъ 33,5. Когда луна придетъ половину своего пути около земли, ея часовая скорость дѣлается наименьшей: это наименьшее значеніе составляетъ 29,5; одновременно съ этимъ и видимый діаметръ луны достигаетъ своей наименьшей величины, которая равна 29,4. Изъ ежедневной практики мы знаемъ, что уголъ, подъ которымъ усматривается какой-нибудь предметъ, тѣмъ больше, чѣмъ меньше разстояніе, отдѣляющее насъ отъ этого предмета, и наоборотъ. Этимъ обстоятельствомъ греки думали объяснить измѣненія какъ скорости движенія, такъ и видимаго діаметра луны. Именно, они приняли, что положеніе земли не совпадаетъ съ центромъ круговаго пути луны и что луна, совершая свое движеніе по окружности этого круга постоянно съ одною и тою-же скоростью, въ то время, когда кажущаяся скорость ея движенія и вмѣстѣ съ тѣмъ видимый ея діаметръ дѣлаются наибольшими, находится въ ближайшей къ землѣ точкѣ своего пути; по истеченіи же полуоборота, т. е. въ то время, когда кажущаяся скорость и видимый діаметръ луны достигаютъ своихъ наименьшихъ величинъ, она занимаетъ наиболѣе удаленное отъ земли положеніе (§ 64). Обѣ эти точки луннаго пути или, какъ говорятъ астрономы, лунной орбиты называются ея апсидами; точка, ближайшая къ землѣ, называется перигеемъ, противоположная точка — афогеемъ.

Если бы измѣненія обѣихъ величинъ, т. е. скорости движенія и видимаго діаметра луны обуславливались исключительно измѣненіемъ разстоянія отъ луны до земли, то наибольшія и наименьшія значенія обѣихъ этихъ величинъ относились-бы между собою какъ наибольшее разстояніе къ наименьшему. Сравнимъ между собою сначала наибольшую и наименьшую величины скорости движенія луны: ихъ отношеніе равно  $38,4 : 29,5 = 1,30$ . Таково же должно быть, слѣдовательно, отношеніе наибольшаго разстоянія отъ луны до земли къ наименьшему. Если гипотеза древнихъ астрономовъ вѣрна, то въ такомъ-же отношеніи должны находиться между собою наибольшая и наименьшая величины видимаго діаметра луны. Но это послѣднее отношеніе равно  $33,5 : 29,4 = 1,14$ , что отличается отъ предыдущаго числа 1,30. Поэтому заключаемъ, что предположеніе о движеніи луны по эксцентрическому кругу не вѣрно, и что наблюдаемая измѣненія скорости движенія луны не суть только кажущіяся, обуславливаемая исключительно измѣненіемъ разстоянія отъ луны до земли, но что луна въ действительности движется по своему пути неравномерно.

Тоже самое наблюдается и относительно солнца, движеніе котораго около земли представляется также въ весьма простомъ видѣ, такъ какъ солнце, подобно лунѣ, перемѣщается на небесной сферѣ по окружности большаго круга. Наибольшее суточное движеніе солнца по долготѣ составляетъ 61,2', и въ это время, именно въ концѣ декабря, видимый діаметръ солнца также достигаетъ своей наибольшей величины и равенъ 32,6'. Позднѣе снуетъ т. е. въ началѣ юлія, какъ суточное движеніе солнца, такъ и видимый ея діаметръ дѣлается наименьшими и равными соответственно 57,2' и 31,5'. Составляя отношенія  $61,2 : 57,2$  и  $32,6 : 31,5$ , мы получаемъ въ первомъ случаѣ 1,070, а во второмъ 1,035, т. е. опять различныя числа. Тѣ двѣ точки солнечной орбиты или, собственно прѣвильнѣе, земной орбиты, въ которыхъ скорость движенія и видимый діаметръ дѣлаются наибольшими или наименьшими, называются ея апсидами; точка, ближайшая къ солнцу, называется перигелиемъ, противоположная точка — афелиемъ. При этомъ надо замѣтить, что время, въ теченіе котораго луна или земля переходитъ отъ одного апсида до другаго, всегда одно и то-же, но какую бы сторону отъ линіи, соединяющей оба апсида, движеніе ни проходило: дальѣ, оба апсида лежатъ по разнымъ сторонамъ отъ плоскости экватора и



Птоломен (II-зи вѣкъ н. Р. Хр



Коперникъ (1473 -1543).



Тихо-Браге (1546 -1601).



Кеплеръ (1571 -1630).

сѣверное склоненіе одного изъ нихъ равно южному склоненію другого; наконецъ, разность прямыхъ восхожденій обояхъ апсидъ всегда составляетъ  $180^\circ$ . Отсюда мы заключаемъ, что оба апсида дѣйствительно лежатъ на одной и той же прямой линіи, называемой линіей апсидъ, причемъ линія апсидъ лунной орбиты проходитъ черезъ центръ земли, а линія апсидъ земной орбиты черезъ центръ солнца. Тоже самое относится также къ орбитамъ всѣхъ остальныхъ планетъ, причемъ ихъ линіи апсидъ, согласно съ наблюденіями, всѣ проходятъ черезъ центръ солнца.

Подробно разбирая наблюденія Тихо-Браге, Кеплеръ вскорѣ убѣдился въ томъ, что отношеніе крайнихъ величинъ скорости движенія не равно отношенію крайнихъ величинъ видимаго діаметра. Для луны первое изъ этихъ отношеній равно 1,30, а второе 1,14; следовательно, второе значительно меньше перваго. Но замѣчательно, что, возвышая второе число 1,14 въ квадратъ, мы получаемъ 1,30, т. е. первое число. Совершенно также и для солнца отношеніе крайнихъ величинъ скорости движенія не равно отношенію крайнихъ величинъ видимаго діаметра; первое изъ нихъ выражается числомъ 1,070, а второе числомъ 1,035. Но опять, возвышая второе число въ квадратъ, получаемъ 1,071, т. е. первое число. Такимъ образомъ оказывается, что скорости движенія планетъ въ различныхъ точкахъ ихъ орбитъ не просто обратно пропорціональны ихъ разстояніямъ до солнца, какъ думали древніе, а обратно пропорціональны квадратамъ этихъ разстояній; иначе говоря, произведеніе двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ скорость движенія, а другое квадратъ разстоянія отъ планеты до солнца, для всякой планеты есть величина постоянная. Пока мы доказали этотъ законъ только для двухъ точекъ планетной орбиты, именно для перигея и для афея; намъ необходимо еще изслѣдовать, справедливъ ли онъ и для остальныхъ ея точекъ. Для этого можно воспользоваться наблюденіями надъ планетою въ промежуточныхъ точкахъ. Огромное число такихъ наблюденій уже было произведено не только надъ солнцемъ и луной, но и надъ всѣми планетами, и эти наблюденія, всѣ безъ исключенія, показали, что вышеупомянутый законъ, дающій связь между скоростями движенія и разстояніями отъ планетъ до солнца, имѣетъ мѣсто для всѣхъ небесныхъ тѣлъ и во всѣхъ точкахъ ихъ орбитъ. Мы скоро увидимъ, что этотъ законъ, открытый Кеплеромъ и потому называемый первымъ закономъ Кеплера, имѣетъ огромную важность въ теоріи движенія планетъ. Впоследствии мы покажемъ, что этотъ законъ есть общій законъ, которому подчиняются при своемъ движеніи не только планеты, но и всѣ вообще тѣла, двигающіяся около вѣковой неподвижной точки, лежащей внутри описываемой ими кривой.

§ 73. Другое выраженіе перваго закона Кеплера. Извѣстно, что площадь всякаго прямолинейнаго треугольника равна произведенію его основанія на половину высоты, причемъ подъ высотой разумѣется перпендикуляръ, опущенный изъ вершины треугольника на основаніе. На рисункѣ 54 треугольникъ  $SP$  безъ всякой ощутительной ошибки можно разсматривать какъ прямолинейный, если только уголъ  $PSI$  достаточно малъ. Сторона  $Pi$  есть собственно дуга некоторой кривой линіи, но если ея конечныя точки  $P$  и  $i$  находятся на близкомъ другъ отъ друга разстояніи, то кривизна стороны  $Pi$  почти совсѣмъ незамѣтна, и, въ концѣ концовъ, при очень маломъ разстояніи между точками, мы можемъ, безъ ущерба для точности нашихъ заключеній, считать эту сторону прямою линіей. Обозначимъ разстояніе  $SP$  отъ планеты до солнца, называемое радиусомъ-векторомъ планеты, буквой  $r$ , а малый уголъ  $PSI$  буквой  $v$ . Далѣе, проведемъ изъ точки  $S$ , какъ центра, радиусомъ  $SP=r$  дугу круга до встрѣчи ея со стороною  $Si$ ; длина этой дуги

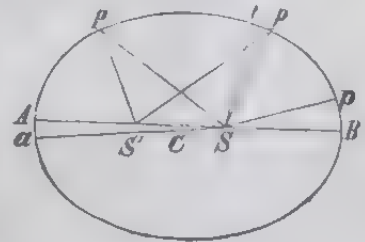


Рис. 54.

равна, какъ известно,  $rc$ . Эту дугу мы можемъ размагривать какъ высоту треугольника  $PSI$ , если за основание примемъ сторону  $SI$ , но такъ какъ сторону  $SI$  безъ ощутительной погрѣшности можно считать равной сторонѣ  $SP=r$ , то площадь треугольника  $PSI$  окажется равной  $\frac{1}{2} r^2 c$ . На основании перваго закона Кеплера это произведение для любой изъ планетъ представляетъ постоянную величину. Поэтому первый законъ Кеплера мы можемъ выразить слѣдующими словами: площадь, описываемая радиусомъ-векторомъ планеты въ одинъ и тотъ же малый промежутокъ времени, есть величина постоянная, въ какой бы части своей орбиты планета ни двигалась.

Сообразно съ предыдущимъ, каждая планета движется около солнца такимъ образомъ, что во всякой точкѣ ея орбиты площади  $BpS$ ,  $PtS$ ,  $AaS$ , описываемыя радиусомъ-векторомъ въ теченіе одного и того же весьма малаго промежутка времени, сохраняютъ одну и ту-же величину. При помощи высшей математики отъ весьма малыхъ промежутковъ времени можно перейти къ конечнымъ промежуткамъ, и тогда только что приведенное положеніе можетъ быть выражено такимъ образомъ: площади  $BSP$ ,  $BSP$ ..., описываемыя радиусомъ-векторомъ въ нѣкоторые неравные конечные промежутки времени, относятся между собою какъ самые промежутки. Высказанное положеніе представляетъ непосредственное слѣдствіе перваго закона Кеплера, или, лучше сказать, это положеніе есть ни что иное, какъ первый законъ Кеплера, только выраженный другими словами. Въ этихъ же выраженіяхъ обнаружилъ его и самъ Кеплеръ, и въ этой же формѣ онъ извѣстенъ теперь и въ наукѣ.

§ 74. Исслѣдованіе истиннаго вида кривой, описываемой любой изъ планетъ около солнца. Кеплеръ, сравнивъ наблюденія Тихо-Браге съ предложенной Коперникомъ гипотезой, на основаніи которой все планеты совершаютъ движенія вокругъ солнца по окружностямъ какъ называемыхъ экцентрисическихъ круговъ, убѣдился, что упомянутыя наблюденія объясняются этой гипотезой не съ достаточною точностью. Поэтому ему пришлось нѣсколько видоизмѣнить планетную систему Коперника, съ цѣлью получить болѣе удовлетворительное согласіе между теоріей и наблюденіями. Именно, онъ занялся изслѣдованіемъ, нельзя ли лучше представить наблюденія Тихо-Браге, замѣнивъ окружность экцентрисического круга какою-нибудь другой кривой линіей, и онъ съ удивительною настойчивостью и терпѣніемъ пошелъ по пути, намѣченному имъ для выполненія его огромной для того времени и сопряженной съ большими трудностями работы. Здѣсь не мѣсто знакомить читателя съ тѣмъ лабиринтомъ заключеній и вычисленій, черезъ который долженъ былъ пройти Кеплеръ, прежде чѣмъ онъ достигъ своей цѣли; мы заметимъ лишь, что результаты своей работы онъ обнаружилъ въ сочиненіи «*Astronomia nova de motibus stellae Martis Praegae, 1609*»; читая эту книгу, невольно удивляешься необыкновенной энергіи Кеплера, его неутомимому терпѣнію, съ которымъ онъ продолжалъ все обширныя и сложныя вычисленія, его провинциальности, обнаруживающейся на каждомъ шагѣ, его постоянно хорошему расположенію духа и живому остроумію, къ которому онъ часто прибѣгалъ, чтобы, въ минуты наибольшаго утомленія отъ такой напряженной работы, подбодрить свой падавшій духъ. Въ одномъ мѣстѣ своего сочиненія онъ говоритъ: «Готъ читатель моей книги, на которой эти трудныя вычисленія навѣютъ скуку, пусть пожалѣетъ обо мнѣ, мнѣ пришлось переделывать ихъ по крайней мѣрѣ 70 разъ, тогда какъ читатель долженъ прочесть книгу всего только одинъ разъ». И между тѣмъ въ книгѣ Кеплера въ одномъ мѣстѣ цѣлыхъ 10 страницъ in folio заняты вычисленіями! Мы считаемъ совершенно достаточнымъ лишь намѣтить путь, по которому шелъ Кеплеръ, или, лучше сказать, по которому онъ могъ бы идти, чтобы достигъ своей цѣли съ наименьшею затратой времени и труда.

Если планетная орбита не можетъ быть окружностью круга, то по какой же другой кривой линіи движутся планеты около солнца? Этотъ вопросъ можно рѣшить только при помощи непосредственныхъ наблюденій. При этомъ необходимо имѣть достаточно большое

число разстояній отъ солнца до какой-нибудь планеты въ различныхъ точкахъ ея орбиты. Зная эти разстоянія, можно начертить на бумагѣ орбиту планеты въ уменьшенномъ видѣ и такимъ образомъ рѣшить, какою новою кривою линіей надо замѣнить окружность круга.

Но откуда взять такое большое число разстояній? Наблюденія Тихо-Браге, которыми могъ воспользоваться Кеплеръ, ихъ не давали. Постъ многихъ неудачныхъ попытокъ Кеплеръ наконецъ замѣтилъ, что открытый имъ первый законъ планетныхъ движеній представляетъ вполне подходящее для данной цѣли средство.

Для этого обратимъ вниманіе опять на солнце или, лучше сказать, на землю, движеніе которой по небесной сферѣ представляется намъ въ такомъ простомъ видѣ, въ противоположность остальнымъ планетамъ, движеніе которыхъ усложняется вѣдѣствіе вышеупомянутаго второго неравенства, совершенно не существующаго въ движеніи земли. Астрономы съ давнихъ временъ весьма усердно наблюдали солнце, и Тихо-Браге въ этомъ отношеніи не отсталъ отъ своихъ предшественниковъ. Въ его рукописяхъ Кеплеръ нашелъ большое число наблюденій долготъ солнца; эти долготы часто соответствовали двумъ слѣдующимъ другъ за другомъ полуднямъ. Изъ этихъ наблюденій непосредственно получалось суточное измѣненіе долготы солнца или, иначе говоря, суточная скорость его движенія для различныхъ точекъ его орбиты. А этого только и нужно было Кеплеру, чтобы вывести если не самыя разстоянія отъ солнца до земли, то, по крайней мѣрѣ, отношенія этихъ разстояній между собою.

По первому закону Кеплера произведение двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ квадрагъ разстоянія отъ солнца до земли, а другое — суточное движеніе солнца, есть величина постоянная для всякой точки солнечной или, вѣрнѣе, земной орбиты. Такъ какъ въ настоящемъ вопросѣ намъ важно имѣть только отношенія различныхъ разстояній одного къ другому, а не самыя разстоянія, то мы можемъ принять эту постоянную величину равной единицѣ. Тогда разстояніе отъ солнца до земли для любой точки земной орбиты будетъ равно единицѣ, раздѣленной на квадратный корень изъ числа, выражающаго суточную скорость движенія солнца по эклиптикѣ.

Разсмотримъ-же нѣкоторыя точки земной орбиты. Когда разстояніе отъ солнца до земли достигаетъ наименьшаго значенія, что бываетъ въ концѣ декабря, долгота солнца приблизительно равна  $279^{\circ}$ ; въ это время суточная скорость движенія солнца, какъ показываютъ наблюденія, составляетъ  $1.0194^{\circ}$ . Дѣля единицу на квадратный корень изъ этого числа, получаемъ  $0.990$ . Слѣдовательно, для разсматриваемой точки орбиты, въ которой земля находится въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца, мы можемъ разстояніе отъ солнца до земли считать равнымъ  $0.990$ . Истинное разстояніе отъ солнца до земли для данного момента остается собственно для насъ неизвѣстнымъ, такъ какъ мы еще не знаемъ, къ какой единицѣ относится число  $0.990$ . Но въ этомъ нѣтъ никакой необходимости, такъ какъ мы хотимъ знать только отношенія различныхъ разстояній одного къ другому; а эти отношенія не зависятъ отъ той единицы, въ которой выражаются самыя разстоянія. Поэтому мы можемъ въ произвольномъ масштабѣ отложить это разстояніе на данной линіи  $AB$  (рис. 54) отъ нѣкоторой точки  $S$ , лежащей на этой линіи. Если  $SB = 0.990$  есть это разстояніе, то точка  $B$  представляетъ ту точку земной орбиты, въ которой земля находится въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца; другими словами, точка  $B$  есть перигелий земной орбиты.

Приблизительно черезъ 60 дней, именно 28 февраля, долгота солнца дѣлается равной  $339^{\circ}$ , иначе говоря, увеличивается на  $60^{\circ}$ , наблюденія показываютъ, что суточная скорость движенія солнца въ это время составляетъ  $1.0025^{\circ}$ . Поэтому, на основаніи перваго закона Кеплера, разстояніе отъ солнца до земли получается равнымъ  $0.999$ , т. е. на  $0.001$  больше, чѣмъ прежде. Слѣдовательно, если мы при точкѣ  $S$  построимъ къ линіи  $SB$  уголъ

$BSP$ , равный  $60^\circ$ , и на сторонѣ  $PS$  этого угла отложимъ въ прежнемъ масштабѣ длину  $SP = 0,999$ , то мы получимъ вторую точку  $P$  земной орбиты.

Еще черезъ 60 дней, около 30 апрѣля, когда долгота солнца равна  $399^\circ$  или, что то-же,  $39^\circ$ , суточное движеніе солнца, какъ показываютъ наблюденія, составляетъ  $0,9694^\circ$ . Отсюда, подобно предыдущему, вычисляемъ, что разстояніе отъ солнца до земли въ этотъ моментъ равно 1,016. Поэтому, строи опять при точкѣ  $S$  уголъ  $BSP = 120^\circ$  и откладывая на линіи  $SP$  длину  $SP' = 1,016$ , мы получаемъ третью точку  $P'$  земной орбиты.

Еще черезъ 60 дней, именно 2 іюля, долгота солнца дѣлается равной  $99^\circ$ , а суточная скорость  $0,9532^\circ$ ; поэтому разстояніе отъ солнца до земли составляетъ 1,024. Такъ какъ долгота солнца для этого момента отличается ровно на  $180^\circ$  отъ долготы для того момента, когда земля находилась въ перигелии, то теперь мы должны, очевидно, на прежней линіи  $SB$ , только по другую сторону отъ точки  $S$ , отложить длину  $SA = 1,024$ . Полученная такимъ образомъ новая точка  $A$  земной орбиты есть ея афелій.

Поступая такимъ же образомъ дальше, мы убѣждаемся въ томъ, что для тѣхъ моментовъ, когда долгота солнца дѣлается равной  $159^\circ$ ,  $219^\circ$  и  $279^\circ$ , скорости его движенія по долготѣ и, слѣдовательно, разстоянія отъ солнца до земли принимаютъ тѣ-же самыя значенія, какъ и для моментовъ, когда долгота солнца равнялась соответственно  $39^\circ$ ,  $339^\circ$  и  $279^\circ$ . Это служить признакомъ, что та кривая линія, по которой движется около солнца земля, дѣлится линіей  $ASB$  на двѣ равныя части. Чтобы съ удовлетворительною точностью вычертить эту кривую, необходимо опредѣлить вышеуказаннымъ способомъ возможно большее число точекъ, лежащихъ на ней, наиримѣрь, мы можемъ отмѣчать положеніе земли на ея орбитѣ черезъ какіе 10 или даже 5 дней. Соединивъ всѣ отмѣченные такимъ образомъ на листѣ бумаги точки кривою линіей, мы и получимъ въ уменьшенномъ видѣ вѣрное изображеніе земной орбиты.

Фигура, ограниченная этой кривою линіей имѣетъ видъ овала, удлиненаго по направленію линіи апсидъ. Всякій, при одномъ взглядѣ на эту фигуру (рис. 54), легко можетъ догадаться, что она представляетъ такъ называемый эллипсъ, а болѣе точное изслѣдованіе этой фигуры вполне подтверждаетъ это предположеніе.

§ 75. Свойства эллипса. Выше (§ 13 III) мы видѣли, какъ вычерчивается эллиптическая кривая, ограничивающая собою фигуру, называемую эллипсомъ. Для этого въ плоскости чертежа въ двухъ точкахъ  $S$  и  $S'$  неподвижно укрѣпляютъ, напр., при помощи булавокъ, концы гибкой прорастяжимой нити, длина которой больше разстоянія  $SS'$  (рис. 54), затѣмъ заставляютъ острѣе  $P$  карандаша скользить по нити такъ, чтобы нить все время была натянута. Начерченная такимъ образомъ кривая линія и есть эллиптическая. На основаніи способа черченія мы заключаемъ, что для всякой точки  $P$ , лежащей на этой кривой, сумма ея разстояній  $SP$  и  $SP'$  отъ вышеупомянутыхъ неподвижныхъ точекъ  $S$  и  $S'$  есть величина постоянная, равная длинѣ нити. Изъ всѣхъ точекъ, лежащихъ на эллиптической кривой, особенно замѣчательны двѣ  $A$  и  $B$ , лежащія на продолженіи линіи, проходящей черезъ неподвижныя точки  $S$  и  $S'$ . Для точки  $A$  сумма разстояній  $AS'$  и  $AS$  равна длинѣ нити, для точки  $B$  сумма разстояній  $BS$  и  $BS'$  тоже равна длинѣ нити. Поэтому имѣемъ

$$AS' + AS = BS + BS'$$

или иначе

$$AS + AS' + SS' = BS + BS' + SS'.$$

Отсюда находимъ, что  $2AS = 2BS$  и, слѣдовательно,  $AS = BS$ .

Ясно, что эллипсъ тѣмъ ближе подходитъ къ кругу, чѣмъ меньше разстояніе  $SS'$  между неподвижными точками  $S$  и  $S'$ . Если обѣ точки  $S$  и  $S'$  совпадаютъ съ серединою  $C$  линіи  $SS'$ , то эллипсъ обращается въ кругъ.

Неподвижные точки  $S$  и  $S'$  называются фокусами эллипса. Вышеупомянутыя точки  $A$  и  $B$ , которыя получаются въ пересѣченіи линіи, проходящей черезъ фокусы  $S$  и  $S'$ , съ окружностью эллипса, называются вершинами, а разстояніе  $AB$  между ними большою осью эллипса. Раздѣляя пополамъ линію  $SS'$  или, что то-же, линію  $AB$ , получаемъ точку  $C$ , которая носитъ названіе центра эллипса; разстояніе  $CS = C'S$  отъ центра  $C$  до любого изъ фокусовъ  $S$  или  $S'$  называется эксцентриситетомъ эллипса. Перпендикуляръ, проведенный къ большой оси  $AB$  въ точку  $C$ , при продолженіи въ обѣ стороны, пересѣкаетъ эллиптическую кривую въ двухъ точкахъ, разстояніе между которыми называется малою осью эллипса. Не трудно сообразить, что концы малой оси отстоятъ на одинаковомъ разстояніи отъ любого изъ фокусовъ; это разстояніе равно большой полуоси эллипса. Разсматривая прямоугольный треугольникъ, вершинами котораго служатъ центр эллипса, одинъ изъ фокусовъ и какой-нибудь конецъ малой оси, легко выводимъ, что сумма квадратовъ двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ эксцентриситетъ, а другое длину малой полуоси, равна квадрату третьяго числа, представляющаго собою длину большой полуоси (Слѣдовательно, если 2 изъ этихъ 3 величинъ извѣстны, то третью мы можемъ точно же опредѣлить на основаніи только что высказаннаго соотношенія). Разстояніе  $PS$  или  $PS'$  всякой точки  $P$ , лежащей на окружности эллипса, отъ любого изъ двухъ фокусовъ называется радіусомъ-векторомъ точки  $P$ .

Длина  $SB$  называется кратчайшимъ разстояніемъ или разстояніемъ перигелія отъ солнца. Большая полуось  $AC$  иначе называется среднимъ разстояніемъ планеты отъ солнца.

§ 76. **Второй законъ Кеплера.** Итакъ, Кеплеръ нашелъ, что земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца описываетъ эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится центръ солнца. Вообще естественно было предположить, что и остальные планеты движутся около солнца по эллиптическимъ кривымъ, и это предположеніе вскоре подтвердилось соответственными вычислениями. Такимъ образомъ, были открыты второй законъ Кеплера, на основаніи котораго всѣ планеты при своемъ движеніи около солнца описываютъ эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ орбитъ, помѣщается центръ солнца.

Слѣдовательно, въ новой планетной системѣ, открытой Кеплеромъ, совершенно отбрасываются окружности круговъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, равномерныя движенія планетъ. Всякая планета, какъ это мы видѣли выше относительно земли, движется быстрее всего при своемъ прохожденіи черезъ перигелій  $B$ , когда она находится всего ближе къ солнцу. Начиная съ этого момента, разстояніе отъ планеты до солнца постоянно увеличивается, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, скорость ея движенія правильнымъ образомъ уменьшается мы видѣли выше, что эта скорость обратно пропорциональна квадрату разстоянія отъ планеты до солнца. Наконецъ въ афелии  $A$  разстояніе планеты дѣлается наибольшимъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, скорость движенія наименьшей. Послѣ прохожденія планеты черезъ афелий, ея разстояніе снова уменьшается, а скорость увеличивается, и, наконецъ, планета совершивъ полный оборотъ по окружности эллипса, приходитъ въ перигелій опять съ тою же самою скоростью, съ какою она изъ него вышла.

§ 77. **Третій законъ Кеплера.** Два выше упомянутыя открытія Кеплера привели насъ къ убѣжденію, что всѣ планеты, а слѣдовательно также и земля, движутся по окружностямъ эллипсовъ, въ общемъ фокусѣ которыхъ находится солнце и, вмѣстѣ съ тѣмъ, указали тотъ законъ, по которому происходитъ движеніе всѣхъ этихъ небесныхъ тѣлъ по нѣмъ эллиптическимъ путямъ: этотъ законъ состоитъ въ томъ, что площади, описываемыя въ нѣкоторыя промежутки времени радіусомъ-векторомъ любой планеты, пропорциональны этимъ промежуткамъ, или, что тоже самое, величина площади, описываемой радіусомъ-векторомъ, равномерно увеличивается съ увеличеніемъ промежутка времени, въ теченіе котораго радіусъ-векторъ ее описываетъ.

Оба эти закона относятся, очевидно, къ каждой планетѣ въ отдаленности, определяя въ каждой точкѣ планетной орбиты кривизну кривой, по которой планета движется, и скорость ея движения. Но для Кеплера, послѣ того какъ онъ нашелъ правила, по которымъ протекать движенье каждой планеты въ отдаленности, представлялось весьма вѣроятнымъ также существованіе еще одного закона, дающаго связь между движениями всѣхъ планетъ и объединяющаго различныя разстоянія планетъ отъ солнца. Онъ искорѣ замѣтилъ, что, чѣмъ дальше отъ солнца отстоитъ планета, тѣмъ меньше линейная скорость ея движения. Такъ, напр., Марсъ отстоитъ отъ солнца почти вдвое дальше, чѣмъ Венера, и если бы линейныя скорости движения обѣихъ этихъ планетъ были одинаковы, то время полного оборота Марса около солнца было бы почти вдвое больше времени полного оборота Венеры, на самомъ же дѣлѣ времена полныхъ оборотовъ Марса и Венеры относятся между собою какъ 3 къ 1, откуда прямо слѣдуетъ, что Марсъ движется медленнѣе, чѣмъ Венера. Поэтому Кеплеръ, ободренный своими прежними удачными открытіями и какъ бы побуждаемый особымъ предчувствіемъ, старался отыскать соотношеніе, которое должно существовать между временами обращения планетъ около солнца и большими полуосями ихъ орбитъ. Въ этомъ направленіи онъ безъ устали работалъ цѣлыхъ 17 лѣтъ, не желая отказаться отъ развѣ пришедшей ему въ голову мысли о существованіи такого соотношенія.

Уже въ болѣе раннемъ своемъ сочиненіи «*Mysterium cosmographicum*», вышедшемъ въ свѣтъ въ 1596 году въ Грацѣ, онъ пытался примѣнить такъ называемыя гармоническія отношенія, которыми такъ много занимался древніе пифагорейцы, къ разстояніямъ планетъ отъ солнца. Позже, въ другомъ своемъ сочиненіи: «*Harmonice mundi*, Linz, 1619» онъ думалъ найти отношенія между этими разстояніями и длинами струнъ, дающихъ въ учени о звукѣ терцу, кварту, октаву и т. д. Но онъ убѣдился, что какъ эта, такъ и предыдущая его идеи не соответствуютъ дѣйствительности. Въ послѣднемъ изъ только что названныхъ сочиненій онъ также пытался сравнить нѣкоторыя геометрическія тѣла, какъ-то: кубъ, тетраэдръ и т. д., съ пространствами, внутри которыхъ заключаются орбиты различныхъ планетъ, но и тутъ ничего не получилось, хотя онъ долго работалъ надъ этими вопросами. Впослѣдствіи, возвращаясь къ своему первоначальному предположенію, онъ сталъ сравнивать между собою различныя степени чиселъ, представляющихъ съ одной стороны времена оборотовъ планетъ около солнца, а съ другой большія полуоси ихъ орбитъ. Но идя и по этому пути, онъ долгое время не могъ получить удовлетворительныхъ результатовъ, такъ что уже былъ готовъ отказаться отъ дальнѣйшихъ попытокъ въ этомъ направленіи. Но при одной изъ своихъ послѣднихъ попытокъ, онъ, вѣдѣтвие обычнаго нетерпѣнія, вычисляя слишкомъ быстро, сдѣлалъ ошибку. Переиспытывая вычисления свои уже съ большою осмотрительностью, онъ скоро убѣдился, что его предположеніе относительно существованія вышеупомянутаго соотношенія было вполне основательно. Наконецъ то его продолжительная и трудная работа увѣнчалась успѣхомъ, и искомое соотношеніе было найдено. Именно, 15 Мая 1618 года, какъ онъ самъ говоритъ въ своемъ сочиненіи «*Harmonice mundi*», онъ съ радостью увидѣлъ, что его 17-лѣтніе труды были вознаграждены замѣчательнымъ открытіемъ. Найденыя имъ законы показываютъ, что квадраты синергическихъ обращеній планетъ относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей ихъ орбитъ. Это и есть третій законъ, открытый Кеплеромъ. Впослѣдствіи мы увидимъ всю важность законовъ Кеплера; здѣсь же достаточно замѣтить, что на основаніи ихъ совершаются не только движенья планетъ и отдаленнѣйшихъ кометъ около солнца, но также движенья спутниковъ около ихъ главныхъ планетъ. Въ теченіе многихъ тысячелѣтій эти законы оставались неизвѣстными человечеству, хотя они и были написаны огненными буквами на звѣздномъ небѣ. И вотъ, наконецъ, одному человеку, благодаря его гениальности и неутомимой энергіи, удастся разобрать эти буквы и тѣмъ воздвигнуть себѣ на томъ же самомъ небѣ памятникъ, который будетъ существовать вѣчно.



тогда какъ другіе памятники, изъ бронзы и камня, со временемъ обратятся въ пыль и прахъ.

§ 78. **Постоянная, характеризующая солнечную систему.** Читатели, безъ указанія съ нашей стороны, вѣроятно, уже догадываются, что законы, содержащіеся въ этомъ простомъ и вѣстѣ съ тѣмъ возвышенномъ кодексѣ неба, не могутъ быть произвольными или случайными, какъ это имѣетъ мѣсто въ собраніяхъ законовъ, издаваемыхъ людьми, и что, следовательно, между законами, управляющими движеніями небесныхъ тѣлъ, должна существовать связь. И дѣйствительно, мы увидимъ впоследствии, что все три закона Кеплера вытекаютъ изъ одного общаго закона, называемаго закономъ всемірнаго тяготѣнія. Теперь же мы ограничимся лишь однимъ замѣчаніемъ относительно третьяго закона Кеплера. На основаніи этого закона квадраты временъ обращенія относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей. Если буквами  $a$  и  $a'$  обозначимъ большія полуоси двухъ какихъ-нибудь планетъ, а буквами  $S$  и  $S'$ —времена обращенія ихъ, то третій законъ Кеплера выразится такой формулой

$$\frac{a^3}{S^2} = \frac{a'^3}{S'^2}.$$

Другими словами мы можемъ сказать, что частное, получающееся черезъ раздѣленіе числа, выражающаго кубъ большой полуоси, на число, выражающее квадратъ времени обращенія планеты, есть постоянная величина, общая для всѣхъ планетныхъ орбитъ одной и той же системы. Эта постоянная величина легко опредѣляется, такъ какъ достаточно вычислить ее лишь для какой-нибудь одной планеты. Но если  $\frac{a^3}{S^2}$  есть величина постоянная для всѣхъ планетъ, то и квадратный корень изъ этой величины, т. е.  $a \sqrt{\frac{a}{S}}$ , также долженъ сохранять постоянное значеніе для всѣхъ планетъ, наконецъ, умножая  $a \sqrt{\frac{a}{S}}$  на  $2\pi$ , гдѣ  $\pi$  есть отношеніе длины окружности къ ея діаметру, мы получаемъ опять постоянную величину. Сдѣлаемъ же это умноженіе разъ навсегда, такъ какъ черезъ это облегчается вычисленія въ весьма многихъ случаяхъ. Итакъ, величина  $\frac{2\pi a}{S} \sqrt{\frac{a}{S}}$  сохраняетъ одно и то же постоянное значеніе для всѣхъ планетъ и кометъ, обращающихся около солнца, и потому она называется постоянной, характеризующей нашу солнечную систему. \* Эта постоянная обыкновенно обозначается буквой  $k$  и иначе называется Гауссовой постоянной, потому что Гаусъ первый опредѣлялъ ея численное значеніе. \* Если за единицу длины принять большую полуось земной орбиты, а за единицу времени среднія сутки, то въ формулѣ

$$k = \frac{2\pi a}{S} \sqrt{\frac{a}{S}}$$

мы должны положить  $a = 1$  и  $S = 365,25636$ , на основаніи этихъ данныхъ мы получаемъ  $k = 0,017202$ .

При другихъ единицахъ длины и времени, постоянная  $k$  получаетъ другое численное значеніе. Вычислимъ значеніе этой постоянной, принимая за единицу длины, напр., километръ, а за единицу времени—секунду. Для этого полученное выше значеніе этой постоянной надо, съ одной стороны, умножить на число 148 636 000, выражающее среднее разстояніе отъ земли до солнца въ километрахъ, съ другой стороны, раздѣлить на 86400, т. е. на число секундъ, заключающихся въ среднихъ суткахъ. Такимъ образомъ получаемъ  $k = 29,59$ .

Эта постоянная  $k$  также принимаетъ другое численное значеніе въ томъ случаѣ, когда разсматриваются движенія свѣтилъ, обращающихся около другого центральнаго тѣла. Такъ, напримѣръ, спутники Юпитера обращаются не около солнца, а около этой планеты, и такимъ образомъ они составляютъ отдѣльную систему; поэтому численное значеніе постоян-

ной, характеризующей эту систему, отлично от численнаго значенія постоянной, характеризующей нашу солнечную систему. Точно также постоянная, характеризующая систему нашей земли съ ея луной, выражается опять совершенно инымъ численнымъ значеніемъ. На этомъ основаніи третій законъ Кеплера, такъ сказать, характеризуетъ планетную систему; благодаря этому закону, всё тѣла одной и той же системы составляютъ какъ бы единое государство, и всё планеты и кометы, входящія въ составъ такого государства, связаны между собою не только простымъ сходствомъ своего высшаго вида, но весьма существеннымъ общимъ признакомъ. Это, по истинѣ, семейный призывъ, присущій всемъ членамъ государства, находящимся не только вблизи отъ его центра, но также на самыхъ отдаленныхъ его границахъ. Третій законъ Кеплера въ то же самое время учитъ насъ, что причина движенія всѣхъ планетъ и кометъ нашей системы заключается въ солнцѣ. Иначе говоря, солнце обладаетъ некоторой силой, которая заставляетъ всѣ планеты и кометы двигаться около него. По третьему закону Кеплера эта сила должна быть одна и та же для всѣхъ безъ исключенія тѣлъ, обращающихся около солнца. Эта сила измѣняется только съ разстояніемъ планетъ отъ солнца, причемъ на ближайшія тѣла она дѣйствуетъ сильнѣе, чѣмъ на болѣе отдаленныя; но она вовсе не зависитъ отъ того вещества, изъ котораго состоятъ планеты. Следовательно, эта сила должна быть весьма отлична отъ магнитныхъ, электрическихъ и химическихъ силъ, дѣйствія которыхъ мы нерѣдко наблюдаемъ на поверхности земли, и которая дѣйствуютъ на различныя тѣла различнымъ образомъ, смотря по ихъ составу. Если бы наша земля вследствие какой нибудь причины была внезапно перенесена въ ту точку небеснаго пространства, гдѣ теперь находится Юпитеръ, и если бы она тамъ получила скорость, равную по величинѣ и направленію скорости этой планеты, то она стала бы двигаться около солнца по той же самой орбитѣ, какъ Юпитеръ, и совершала бы полный оборотъ въ то же самое время, какъ этотъ послѣдній. словомъ она бы двигалась около солнца совершенно также, какъ движется теперь Юпитеръ.

## Г Л А В А IX.

### Опредѣленіе элементовъ планетныхъ орбитъ и измѣреніе времени

§ 79. **Гелиоцентрическія и геоцентрическія положенія планеты.** Мы видѣли, что движенія планетъ наблюдателю находящемуся на землѣ, которая сама движется около солнца, представляются то крайности сложными: наоборотъ, если бы наблюдатель могъ помѣститься въ истинномъ центрѣ всѣхъ планетныхъ орбитъ, именно въ центрѣ солнца, то движенія тѣхъ же самыхъ планетъ представлялись бы ему въ весьма простомъ видѣ. Поэтому, чтобы болѣе изучить эти движенія, необходимо по видимому съ земли или по такъ называемому геоцентрическому положенію планеты, получаемому непосредственно изъ наблюденія, умѣть опредѣлять ея гелиоцентрическое положеніе, т. е. положеніе, видимое изъ центра солнца. Полагаемъ, что  $S$  представляетъ солнце,  $T$  — землю и  $P$  — планету (рис. 55). Положимъ далѣе, что  $ST$  есть линія, направленная въ точку весенняго равноденствія. Проведемъ черезъ точку  $T$  линію  $TL$ , параллельную линіи  $ST$ . Тогда уголъ  $\gamma ST$  есть гелиоцентрическая долгота земли, уголъ  $\gamma SP$  — гелиоцентрическая долгота планеты и уголъ  $ATP$  — ея геоцентрическая долгота. Проведемъ наконецъ черезъ точку  $S$  линію  $SB$ , параллельную линіи  $TP$ . Тогда уголъ  $\gamma SB = ATP$  также выражаетъ геоцентрическую долготу планеты.

Опишемъ около точки  $S$ , какъ около центра, окружность круга  $\gamma \odot \approx \zeta$  возможно большимъ радиусомъ, раздѣлимъ эту окружность на градусы и положимъ, что она представ-

лягетъ съвѣщеніе плоскости эклиптики съ поверхностью небесной сферы, безконечно удаленной какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Опишемъ, дабы, изъ той же самой точки  $S$ , какъ изъ центра, круговые пути земли  $T$  и какой нибудь планеты  $P$  радиусами, равными большими полуосями ихъ орбитъ. Пусть окружности  $aTb$  и  $PB$  представляютъ въ нѣкоторомъ произвольномъ масштабѣ эти пути. Положимъ, что для какого-нибудь момента, для котораго гелиоцентрическая долгота  $\Upsilon ST$  земли равна, напр.,  $30^\circ$ , мы непосредственно изъ наблюдений опредѣлили геоцентрическую долготу  $ATP$  планеты, и пусть эта долгота составляетъ  $63^\circ$ . Чтобы опредѣлить гелиоцентрическую долготу планеты для того же момента, проведемъ черезъ точку  $T$  прямую линію  $TP$  подъ угломъ  $ATP = 63^\circ$  къ линіи  $TA$ . Линія  $PT$  пересѣчетъ круговой путь планеты въ нѣкоторой точкѣ  $P$ , которая и есть не что иное, какъ искомое положеніе планеты на ея орбитѣ. Соединимъ затѣмъ точки  $P$  и  $S$  прямой линіей  $PS$ . Въ такомъ случаѣ уголъ  $\Upsilon ST$ , равный приблизительно  $50^\circ$ , и выразитъ искомую гелиоцентрическую долготу планеты.

Если, наоборотъ, для какого-нибудь момента даны гелиоцентрическія долготы земли и планеты, соответственно равныя  $30^\circ$  и  $50^\circ$ , то этимъ тотчасъ же опредѣляются двѣ точки  $T$  и  $P$ , представляющія положенія земли и планеты на ихъ орбитахъ. Соединимъ эти точки прямой линіей  $TP$  и черезъ точку  $S$  проведемъ линію  $SB$ , параллельную линіи  $TP$ .

Если линія  $SB$  пересѣкаетъ на своемъ окружность  $\Upsilon \sigma \zeta \cong \chi$  въ точкѣ, которой соответствуетъ  $63^\circ$ -е дѣленіе, то искомая геоцентрическая долгота планеты, очевидно, равна  $63^\circ$ . Подобнымъ же образомъ можно опредѣлить длину линіи  $TP$  или разстояніе планеты отъ земли.

§ 80. **Наклонность планетныхъ орбитъ: восходящій и нисходящій узлы.** До сихъ поръ мы предполагали, что всѣ планетныя орбиты лежатъ въ плоскости эклиптики, однако такое предположеніе не соответствуетъ дѣйствительности. Планетныя орбиты лежатъ въ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ центръ солнца, но эти плоскости наклонены подъ различными углами къ плоскости эклиптики. Само собою понятно, что такое наклонное положеніе этихъ плоскостей должно оказывать влияние какъ на гелиоцентрическія, такъ и на геоцентрическія положенія планетъ на небесной сферѣ. Поэтому это влияние необходимо принять во вниманіе.

Прямая линія, по которой плоскость планетной орбиты пересѣкается съ плоскостью эклиптики, и которая, следовательно, проходитъ черезъ центръ солнца, называется линіей узловъ. Эта линія, при своемъ продолженіи, встрѣчаетъ небесную сферу въ двухъ противоположныхъ точкахъ. Та точка, при прохожденіи черезъ которую планета удаляется къ сѣверу отъ эклиптики, называется восходящимъ узломъ планетной орбиты, противоположная ей точка, при прохожденіи черезъ которую планета удаляется къ югу отъ эклиптики, носитъ названіе нисходящаго узла. Восходящій и нисходящій узлы планетной орбиты обыкновенно обозначаются знаками  $\omega$  и  $\varpi$ . Положеніе узловъ опредѣляется ихъ угловыми разстояніями отъ точки весенняго равноденствія, иначе говоря ихъ долготами. Проведемъ черезъ любую точку, лежащую на линіи узловъ, двѣ перпендикулярныя къ этой послѣдней прямыя



Рис. 55.

линии, изъ которыхъ одна расположена въ плоскости эклиптики, а другая въ плоскости планетной орбиты. Уголъ, образуемый этими двумя прямыми линиями, называется наклономъ планетной орбиты (Введ. § 3). Чтобы было возможно по данному геоцентрическому положенію планеты вычислить ея геоцентрическое положеніе или наоборотъ, необходимо знать или опредѣлить изъ наблюдений наклонность планетной орбиты и долготу восходящаго узла.

Таблицы, помѣщенные въ концѣ книги, даютъ, между прочимъ, долготу восходящаго узла и наклонность для всѣхъ планетныхъ орбитъ. Такъ, напримеръ, въ настоящее время для Меркурия долгота восходящаго узла равна  $46^{\circ}33'$ , а наклонность  $7^{\circ}0'$ ; для Венеры тѣ-же самыя величины составляютъ  $75^{\circ}20'$  и  $3^{\circ}24'$  и т. д.

§ 81. Долгота планеты въ орбитѣ, долгота въ эклиптикѣ, широта, аргументъ широты. Если мы хотимъ принять во вниманіе наклонность планетной орбиты къ эклиптикѣ, то намъ придется нѣсколько измѣнить изложенное выше рѣшеніе задачи о вычисленіи геоцентрическаго положенія планеты по данному геоцентрическому ея положенію. Поэтому рассмотримъ подробнѣе интересующій насъ вопросъ.

Для этого положимъ, что  $S$  обозначаетъ солнце,  $T$ —землю и  $p$ —планету (рис. 56). Положимъ дальѣ, что солнце и земля лежатъ въ плоскости эклиптики, а планета гдѣ-нибудь

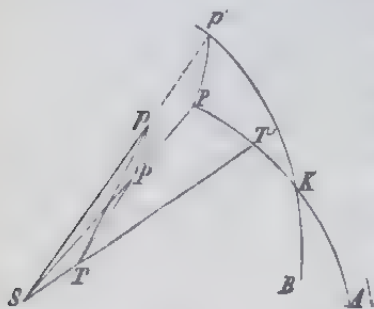


Рис. 56.

въ этой плоскости. Плоскость эклиптики, будучи продолжена до встрѣчи съ поверхностью небесной сферы, пересекаетъ ее по окружности большого круга  $AKP$ . Плоскость планетной орбиты, которая, по предыдущему, всегда проходитъ черезъ центръ солнца  $S$ , пересекаетъ небесную сферу по окружности большого круга  $BKp'$ . Такимъ образомъ, точка  $K$ , въ которой пересекаются обѣ окружности, есть восходящій узелъ планетной орбиты, а уголъ  $AKB$ , образуемый этими окружностями при точкѣ ихъ пересѣченія, есть наклонность орбиты къ эклиптикѣ.

Пусть точка  $A$  на эклиптикѣ обозначаетъ точку весенняго равноденствія, отъ которой отсчитываются всѣ долготы въ направленіи отъ  $A$  къ  $K$ , т. е. съ запада на востокъ. Отложимъ отъ точки  $K$ , на окружности, представляющей планетную орбиту, въ сторону, обратную движенію планеты, дугу  $KB$ , равную дугѣ  $KA$ . Любая изъ этихъ дугъ  $KA$  или  $KB$  есть долгота восходящаго узла орбиты. Благодаря таблицамъ, помѣщеннымъ въ концѣ книги, мы можемъ долготу восходящаго узла считать всегда извѣстной. Обозначимъ долготу узла знакомъ  $\lambda$ , а наклонность орбиты или уголъ  $AKB = PKp'$  буквой  $i$ .

Продолжимъ прямыя линии  $ST$  и  $Sp$ , соединяющія солнце съ землей и планетой, до пересѣченія съ небесной сферой соответственно въ точкахъ  $T'$  и  $p'$ . [Въ такомъ случаѣ дуга  $AT'$  есть долгота земли въ эклиптикѣ. Подобнымъ-же образомъ дуга  $Bp'$  называется долготой планеты въ орбитѣ. Проведемъ еще черезъ точку  $p'$  дугу большого круга, перпендикулярную къ эклиптикѣ, иначе говоря проведемъ дугу круга широты  $p'P'$ , пересекающуюся съ эклиптикой въ точкѣ  $P'$ . Согласно съ принятыми обозначеніями (Введ. § 11), перпендикулярная къ эклиптикѣ дуга  $p'P'$  есть широта планеты, а дуга эклиптики  $AP'$ —долгота планеты. Эта долгота, считаемая по эклиптикѣ, въ отличіе отъ долготы  $Bp'$  планеты въ орбитѣ, называется также приведенной долготой планеты или долготой планеты въ эклиптикѣ.

Ясно, что широта  $p'P'$  планеты зависитъ непосредственно отъ величины дуги  $Kp'$ , заключающейся между положеніемъ  $p'$  планеты на орбитѣ и восходящимъ узломъ  $K$ . Поэтому дуга  $Kp$  называется аргументомъ широты. Изъ рисунка 56 заключаемъ, что

аргументъ широты равенъ долготѣ  $Bp'$  планеты въ орбитѣ безъ долготы восходящаго узла  $\Omega$  (§ 80).

§ 82. Вычисленіе гелиоцентрическаго положенія планеты, средняя и истинная аномалія. На основаніи второго закона Кеплера (§ 73), при движеніи планеты по окружности эллипса, ея радіусъ-векторъ ежедневно описываетъ одинаковыя по величинѣ площади. Известно, что площадь цѣлаго эллипса равна  $\pi ab$ , гдѣ  $a$  и  $b$  суть большая и малая полуоси эллипса, а  $\pi$  — такъ называемое Лудольфово число, равное 3,14159... Раздѣляя площадь эллипса на время обращенія, выраженное въ суткахъ, мы получимъ величину площади, описываемой радіусомъ-векторомъ планеты въ теченіе сутокъ, или такъ называемую секторіальную скорость. Далѣе, если известно время прохожденія планеты черезъ перигелій  $B$ , и требуется опредѣлить ея положеніе на орбитѣ въ какой-нибудь другой моментъ, то, умножая секторіальную скорость на промежутокъ времени, протекшій съ момента прохожденія черезъ перигелій, получимъ величину эллиптического сектора  $BSP$  (рис. 57), описаннаго радіусомъ-векторомъ въ теченіе этого промежутка. Найдя же величину площади  $BSP$ , мы можемъ свести задачу объ опредѣленіи положенія планеты на орбитѣ для какого-угодно момента къ рѣшенію слѣдующей геометрической задачи: найти уголъ  $BSP$  и радіусъ-векторъ  $SP$ , соответствующіе эллиптическому сектору  $BSP$ , если дана площадь этого сектора.

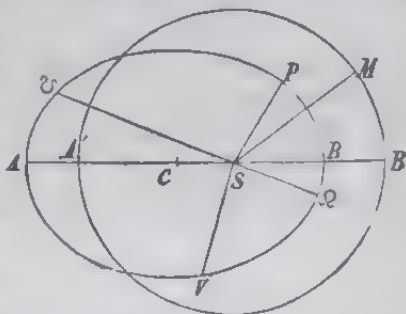


Рис. 57.

Рѣшеніе этой задачи во всякомъ случаѣ представляетъ значительныя трудности и требуетъ много времени. На практикѣ же можно достигнъ ибли болѣе простымъ способомъ, если воспользоваться тѣмъ обстоятельствомъ, что эксцентриситеты планетныхъ орбитъ малы и что, поэтому, эти орбиты близки къ круговымъ линіямъ, а движеніе планетъ по орбитамъ мало отличается отъ равномернаго движенія.

Положимъ, что около фокуса  $S$ , въ которомъ находится солнце, какъ около центра, описана окружность круга  $BMA'$ , радіусъ которой  $SA' = SB = SM$  равенъ большой полуоси  $CB = CA$  эллипса  $BPA$  (рис. 57). Пусть по этой окружности движется равномерно некоторая воображаемая планета, и пусть полный кругъ она описываетъ въ то же самое время, въ какое дѣйствительная планета совершаетъ полный оборотъ по своей эллиптической орбитѣ. Допустимъ еще, что обѣ планеты, воображаемая и дѣйствительная, всегда одновременно проходятъ черезъ линію апсидъ (§ 72). Это допущеніе вполне законно, такъ какъ, если обѣ планеты одновременно выходятъ — дѣйствительная и въ перигеліи  $B$ , а воображаемая изъ точки  $B$ , то, черезъ полъ-оборота, первая будетъ находится въ афелии  $A$ , а вторая — въ точкѣ  $A$  и, слѣдовательно, обѣ опять одновременно пройдутъ черезъ линію апсидъ.

Положимъ, что по истеченіи некотораго промежутка времени радіусъ-векторъ воображаемой планеты, иначе называемой, вследствие своего равномернаго движенія, средней планетой, описалъ уголъ  $BSM$ , а радіусъ-векторъ дѣйствительной или истинной планеты уголъ  $B'SP$ . Въ такомъ случаѣ, нашу задачу можно свести къ опредѣленію разности этихъ угловъ, иначе говоря, къ опредѣленію угла  $MSP$ , и къ опредѣленію радіуса-вектора  $SP$  по углу  $B'SM$ .

Вычисленіе угла  $B'SM$ , который называется средней аномаліей, не представляетъ никакихъ трудностей, такъ какъ средняя планета движется по своему круговому пути съ постоянною скоростью. Въ самомъ дѣлѣ, по данному времени обращенія средней планеты, которое принимается равнымъ времени обращенія истинной планеты, легко можно опредѣ-

дять среднее суточное движение, так какъ это послѣднее есть не что иное, какъ частное, получающееся отъ раздѣленія  $360^\circ$  на время обращения планеты. Умножая же среднее суточное движение на промежутокъ времени, протекшій съ момента прохождения планеты черезъ точку  $B$ , мы и получаемъ среднюю аномалию  $BSM$ .

Уголъ  $BSP$ , который описываетъ радиусъ-векторъ дѣйствительной планеты, совершающей движение по эллиптическому пути, называется истинной аномалией; а уголъ  $MSP$ , т. е. разность между истинной и средней аномалиями, носитъ названіе уравненія орбиты. Поэтому наша задача сводится на вычисленіе уравненія орбиты и радиуса-вектора по данной средней аномалии.

Здѣсь мы, конечно, не можемъ входить въ разсмотрѣніе способовъ, служившихъ для вычисленія этихъ величинъ; но все-же мы полагаемъ, что необходимо по крайней мѣрѣ указать тотъ путь, которому слѣдуетъ при рѣшеніи этой задачи. Чтобы выполнить все необходимое для этого вычисленія, надо знать: во-первыхъ, эксцентриситетъ  $CS$  или, скорѣе, отношеніе эксцентриситета къ большой полуоси  $CA$ , такъ какъ именно отъ этого отношенія зависятъ уравненіе орбиты и радиусъ-векторъ, и, во-вторыхъ, положеніе перигелия. Для этого полагамъ, что въ плоскости орбиты проведена линія  $SU$ , составляющая съ линіей узловъ  $SC$  уголъ  $USU$ , равный долготѣ восходящаго узла. Тогда уголъ  $USB$  называется долготой перигелия, уголъ  $USM$  — средней и уголъ  $USP$  — истинной долготой планеты въ орбитѣ.

Для краткой обзоръ всего выше сказаннаго, мы приходимъ къ заключенію, что для вычисленія положенія какого-нибудь небеснаго тѣла необходимо знать шесть элементовъ, именно, наклонность, долготу восходящаго узла, долготу перигелия, эксцентриситетъ, время обращения или большую полуось и время прохождения черезъ перигелий. Первые два элемента опредѣляютъ положеніе плоскости орбиты въ пространствѣ, третій—положеніе самой орбиты въ ея плоскости, четвертый и пятый — видъ и размеры орбиты, и, наконецъ, шестой элементъ служитъ для опредѣленія положенія небеснаго тѣла на ея орбитѣ для данного момента.

§ 83. Таблицы движенія планетъ. Всего вышесказаннаго достаточно, чтобы познаться, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, съ тѣмъ способомъ, которымъ астрономы пользуются для вычисленія положеній планетъ на небесной сферѣ. Чтобы по возможности упростить эти вычисленія, астрономы составили весьма удобныя таблицы движенія планетъ и солнца. Здѣсь не будетъ лишнимъ дать краткія свѣдѣнія о составленіи и употребленіи этихъ таблицъ. Эти таблицы прежде всего заключаютъ среднюю долготу для каждаго года, и именно для полудня 1 января, если годъ високосный, и для полудня 31 декабря предшествующаго года, если данный годъ простой. Само собой разумѣется, что таблицы составлены для какого-нибудь опредѣленнаго мѣста, напр., для Вѣны. \* Для простыхъ и високосныхъ годовъ средняя долгота дается для различныхъ эпохъ съ цѣлю достигнуть большаго единообразія въ вычисленіяхъ. Положимъ это. Положимъ, что намъ надо вычислить среднюю долготу, напр., для 15 марта. Если мы имѣемъ дѣло съ високоснымъ годомъ, то промежутокъ между этимъ моментомъ и тѣмъ моментомъ, для котораго дана долгота въ таблицѣхъ, равенъ  $30 - 29 - 15 = 74$  днямъ. Легко убѣждаемся, что, при вышесказанномъ устройствѣ таблицъ, и для простого года этотъ промежутокъ равенъ  $31 - 28 - 15$ , т. е. опять 74 днямъ. \* Такъ какъ въ високосномъ году лишній день прибавляется въ концѣ февраля, то очевидно, способъ вычисленія для 10 мѣсяцевъ, слѣдующихъ за февралемъ, остается одинъ и тотъ-же, имѣемъ-ли мы дѣло съ високоснымъ годомъ или простымъ. Въ теченіе же первыхъ двухъ мѣсяцевъ года упомянутый выше промежутокъ для високоснаго года долженъ заключать однимъ днемъ меньше, чѣмъ для простого. И наоборотъ, если бы средняя долгота давалась въ таблицѣхъ постоянно для одной и той-же эпохи, то только для первыхъ двухъ мѣсяцевъ способъ вычисленія

былъ бы одинаковъ какъ въ случаѣ високоснаго, такъ и въ случаѣ простаго года; въ течение же остальныхъ 10 мѣсяцевъ для високоснаго года пришлось бы брать промежутокъ однимъ днемъ больше, чѣмъ для простаго года.

Далѣе, въ таблицахъ движенія планетъ даются: величина, на которую увеличивается средняя долгота къ концу каждаго мѣсяца, и измѣненія долготы планеты для отдѣльныхъ дней и даже часовъ, минутъ и секундъ. Построенныя такимъ образомъ таблицы даютъ возможность безъ труда и съ большою точностью вычислять среднюю долготу планеты для любого момента. Къ этимъ таблицамъ присоединены еще двѣ другія, служащія для опредѣленія истинной долготы и радиуса-вектора планеты. Первая изъ этихъ дополнительныхъ таблицъ даетъ уравненіе орбиты (§ 82), а вторая—разность между радиусомъ-векторомъ планеты и ея среднимъ разстояніемъ отъ солнца, иначе говоря — между радиусомъ-векторомъ и большою полуосью. Прибавляя уравненіе орбиты къ средней долготѣ, мы получаемъ, какъ нетрудно убѣдиться, истинную долготу планеты; прибавляя величину, взятую изъ второй дополнительной таблицы, къ большой полуоси, находимъ радиусъ-векторъ планеты. Зная же истинную долготу и радиусъ-векторъ планеты, мы по этимъ таблицамъ опредѣляемъ аргументъ широты, затѣмъ, при помощи логарифмическихъ вычисленій, находимъ гелиоцентрическія долготу и широту планеты и отсюда, наконецъ, выводимъ геоцентрическое положеніе планеты для любого момента.

**§ 84. Опредѣленіе времени обращенія планеты около солнца. Сидерическія обращенія.** Когда планета усматривается изъ центра солнца въ той же самой точкѣ небесной сферы, въ которой она была уже раньше, то мы говоримъ, что планета совершила полный оборотъ около солнца.

Но какъ же намъ получить гелиоцентрическія или усматриваемыя изъ центра солнца положенія планеты, если мы можемъ наблюдать планету только съ земли?

Простейшій способъ получить гелиоцентрическія положенія планеты заключается въ наблюденіи ея прохожденій черезъ плоскость эклиптики, т. е. черезъ плоскость, въ которой движется земля. Опредѣлять же моментъ прохожденія планеты черезъ эту плоскость не трудно. Для этого надо только наблюдать прямое восхожденіе и склоненіе планеты ежедневно около того времени, когда она находится вблизи плоскости эклиптики. Прямые восхожденія и склоненія мы можемъ, при помощи несложныхъ вычисленій, обратитъ въ долготы и широты. При этомъ намъ непременно встрѣятся два такихъ слѣдующихъ одинъ за другимъ дня, изъ которыхъ одному соответствуетъ сѣверная широта планеты, а другому южная. Пользуясь этими широтами, а также суточнымъ измѣненіемъ широты, мы по простой пропорціи вычислимъ тотъ моментъ, для котораго широта равна 0°, иначе говоря, моментъ прохожденія планеты черезъ плоскость эклиптики (Введ. § 11). Но такъ какъ въ плоскости эклиптики лежитъ не только центръ земли, но также и центръ солнца, то, если бы наблюдатель могъ помѣститься въ центрѣ солнца, онъ, очевидно, увидѣлъ бы прохожденіе планеты черезъ плоскость эклиптики въ тотъ же самый моментъ, какъ и наблюдатель, находящійся на землѣ. Поэтому, если мы замѣнимъ моменты двухъ послѣдовательныхъ прохожденій планеты черезъ одинъ и тотъ же узелъ, напр., черезъ восходящій узелъ (§ 80), то въ эти два момента планета, очевидно, будетъ усматриваться также и изъ центра солнца въ одной и той же точкѣ своей орбиты, иначе говоря, въ теченіе промежутка времени, заключающагося между этими моментами, планета совершаетъ полный оборотъ около солнца. При этомъ мы предполагаемъ, что самъ узелъ за этотъ промежутокъ времени не мѣняетъ своего положенія на небесной сферѣ, что во всякомъ случаѣ довольно близко къ истинѣ. Итакъ, не обращая вниманія на измѣненія положенія восходящаго узла, мы вышеописаннымъ способомъ опредѣляемъ истинныя или сидерическія обращенія планетъ (§ 61). Зная же сидерическія обращенія, мы, на основаніи третьяго закона Кеплера (§ 77), можемъ вычислить большія полуоси планетныхъ орбитъ или такъ называемыя среднія разстоянія планетъ

отъ солнца. Таблица, помѣщенная въ концѣ книги, даетъ какъ сидерическія обращенія, такъ и среднія разстоянія всѣхъ планетъ. Приведемъ здѣсь эти величины для нѣкоторыхъ планетъ.

Планета.	Сидер. обрац.	Средн. разет.
Меркурій . . . . .	88 сут.	0,387
Венера . . . . .	225 »	0,723
Земля . . . . .	365 »	1,000
Марсъ . . . . .	687 »	1,524

§ 85. **Тропическія обращенія.** Отъ сидерическаго обращенія планеты нѣсколько отличается тотъ промежутокъ времени, по истеченіи котораго долгота планеты въ орбитѣ принимаетъ прежнее значеніе. Выше (§ 81) было объяснено, что долгота планеты въ орбитѣ равна аргументу широты, сложенному съ долготой восходящаго узла; иначе говоря, долготу планеты въ орбитѣ мы получимъ, если къ угловому разстоянію планеты отъ восходящаго узла прибавимъ угловое разстояніе этого узла отъ точки весенняго равноденствія (§ 80). Но раньше (§ 50) мы видѣли, что сама точка весенняго равноденствія перемѣщается съ востока на западъ, т. е. по направленію, обратному счету долготы; это перемѣщеніе происходитъ во всякомъ случаѣ весьма медленно, именно въ годъ оно составляетъ только  $50,2113''$  или  $0,01394^\circ$ . Понятно, что на такую-же величину ежегодно увеличивается долгота восходящаго узла; вслѣдствіе этого въ тотъ моментъ, когда аргументъ широты принимаетъ прежнее значеніе, т. е. когда планета возвращается въ прежнюю точку своей орбиты, долгота планеты получаетъ нѣсколько большее значеніе, чѣмъ въ началѣ сидерическаго обращенія. Поэтому промежутокъ времени, по истеченіи котораго долгота планеты достигаетъ прежняго значенія и который называется тропическимъ обращеніемъ, нѣсколько короче сидерическаго обращенія.

Зная сидерическія обращенія планетъ, легко вычислить также ихъ тропическія обращенія. Раздѣляя выше приведенное годовое измѣненіе въ положеніи точки весенняго равноденствія на продолжительность года, равную  $365\frac{1}{4}$  суткамъ, мы находимъ, что суточное движеніе этой точки составляетъ  $0,000038^\circ$ . Раздѣляя число градусовъ, заключающееся въ цѣлой окружности, т. е.  $360^\circ$ , на сидерическое обращеніе, выраженное въ суткахъ, получаемъ среднее сидерическое суточное движеніе планеты. Прибавляя къ этому суточному сидерическому движенію планеты суточное движеніе точки весенняго равноденствія, которое, какъ мы видѣли, равно  $0,000038^\circ$ , мы получаемъ суточное тропическое движеніе планеты. Въ этомъ случаѣ мы должны взять сумму обоихъ движеній на томъ основаніи, что движеніе планеты, по предыдущему, прямо противоположно движенію точки весенняго равноденствія. Раздѣляя, наконецъ,  $360^\circ$  на суточное тропическое движеніе планеты, мы получимъ ея тропическое обращеніе. Для примѣра вычислимъ тропическое обращеніе Марса. Сидерическое обращеніе этой планеты, какъ показываетъ помѣщенная въ концѣ книги таблица, равно 686,98 суткамъ. Отсюда слѣдуетъ, что суточное сидерическое движеніе Марса составляетъ  $0,524033^\circ$ . Давъ суточное тропическое движеніе равнымъ  $0,524033 + 0,000038 = 0,524071^\circ$ . Пользуясь этимъ числомъ, находимъ, что тропическое обращеніе Марса равно 686,93 суткамъ.

Итакъ мы видимъ, что для планетъ, близкихъ къ солнцу, разность между сидерическимъ и тропическимъ обращеніями весьма незначительна; для болѣе удаленныхъ планетъ эта разность весьма быстро увеличивается. Такъ, для Урана она равна уже 99,6 суткамъ, а для Нептуна достигаетъ даже 381,1 сутокъ, что составляетъ немного болѣе года.

§ 86. **Синодическія обращенія.** Отъ сидерическаго и тропическаго обращенія планеты существенно образомъ отличается такъ называемое синодическое обращеніе ея, т. е. тотъ промежутокъ времени, по истеченіи котораго планета возвращается въ прежнее положеніе относительно солнца, и пр., промежутокъ времени между двумя послѣдовательными оппозиціями (§ 45).



Синодическое обращение планеты может быть легко вычислено, если известно ее сидерическое обращение. Для этого мы должны сначала вычислить, кроме суточного сидерического движения планеты, также суточное сидерическое движение земли или, что то же самое, суточное сидерическое движение солнца. Затем, составляя разность этих двух величин, мы получим суточное движение планеты относительно солнца. Наконец, через разделение  $360^\circ$  на эту величину получается продолжительность синодического обращения планеты. Для примера возьмем опять планету Марс. В таблицу, помещенной в конце книги, находим, что сидерическое обращение земли равно 365,256 суткам; отсюда суточное сидерическое движение ее получается равным  $0,985697^\circ$ . Вычитая из этой величины суточное сидерическое движение Марса, которое, как мы видели в предыдущем параграфе, составляет  $0,524033^\circ$ , мы находим, что суточное движение Марса относительно солнца равно  $0,461664^\circ$ . Отсюда заключаем, что синодическое обращение этой планеты охватывает 779,8 суток.

Если мы хотим, наоборот, по данному синодическому обращению планеты определить ее сидерическое обращение, то прежде всего мы должны вычислить суточное синодическое движение планеты и суточное сидерическое движение земли; затем, составив сумму или разность этих двух величин, смотря по тому, имеем ли мы дело с нижней или с верхней планетой, мы получим суточное сидерическое движение планеты и после этого уже известным способом вычислим ее сидерическое обращение. Так, напр., синодическое обращение Венеры равно 584,0 суткам; следовательно, ее суточное синодическое движение составляет  $0,616434^\circ$ . Суточное сидерическое движение земли равно, как мы видели,  $0,985697^\circ$ . Так как Венера принадлежит к нижним планетам, то ее суточное сидерическое обращение получится как сумма двух только что приведенных величин, именно  $0,616434^\circ + 0,985697^\circ = 1,602131^\circ$ . Отсюда вычисляем, что сидерическое обращение Венеры охватывает 224,701 суток.

§ 87. Определение сидерического обращения планеты по синодическому. Прохождения планет через плоскость эклиптики в большинстве случаев наблюдаются не с достаточной точностью, так как наклонности планетных орбит весьма малы, и потому планеты пересекают плоскость эклиптики под весьма острым углом. Кроме того, линия узлов не сохраняет неизменного положения в пространстве, а сама совершает различные движения, которые в настоящее время изучены еще не вполне точно. С другой стороны, сидерическое обращение есть один из важнейших элементов всякой планетной орбиты; поэтому, здесь вполне уместно указать, что для верхних планет с весьма большою точностью наблюдаются моменты их оппозиции с солнцем. Промежутки же времени между двумя оппозициями есть не что иное, как синодическое обращение планеты, а по синодическому обращению, как мы видели в предыдущем параграфе, легко может быть вычислено сидерическое обращение. Таким образом, определение из наблюдений продолжительности синодических обращений доставляет, по крайней мере для верхних планет, прекрасный способ вычислять с большою точностью также и сидерическая обращения.

Однако мы скоро узнаем, что через сравнение между собою различных пар оппозиций получаются весьма различные значения продолжительности синодического обращения планеты. Разности между этими значениями настолько велики, что их нельзя объяснить случайными ошибками наблюдений, так как моменты оппозиций и положения планеты во время оппозиций могут быть наблюдаемы, как мы уже сказали, с большою точностью. Объясняются же эти разности тем, что орбиты планет суть эллиптические кривые, и вследствие этого скорости движения планет в различных частях их орбит неодинаковы. Однако движение планет не слишком сильно отличается от равномерного, так что в первом приближении мы можем допустить, что планеты движутся по окружностям

круговъ. Но въ виду того, что опредѣленіе продолжительности сидерическихъ обращеній представляетъ огромную важность, необходимо придумать такой способъ опредѣленія ихъ, при которомъ различныя неравенства въ движеніи планетъ не оказывали бы замѣтнаго вліянія на результатъ.

Если известно приближенное значеніе продолжительности синодическаго обращенія, то самымъ лучшимъ способомъ опредѣленія истинной продолжительности этого обращенія является сравненіе между собою двухъ оппозицій, отдѣленныхъ другъ отъ друга весьма большимъ промежуткомъ времени. Въ такомъ случаѣ, какъ ошибки наблюденій, такъ и ошибки, происходящія отъ того, что мы считаемъ движеніе планетъ равномернымъ, оказываютъ на результатъ лишь весьма небольшое вліяніе. Лучше всего мы убѣдимся въ этомъ на примѣрѣ.

Мы уже выше (§ 23) упоминали объ одномъ изъ древнѣйшихъ дошедшихъ до насъ наблюденій, сдѣланномъ въ 1100 году до начала нашего лѣтосчисленія. Положимъ, что до насъ дошло сдѣланное въ Пекинѣ въ томъ-же году опредѣленіе момента оппозиціи какой-нибудь планеты и что эта оппозиція имѣла мѣсто въ полдень 20-го ноября старата стили. Положимъ далѣе, что въ 1834 году 22-го мая новаго стили наблюдалась гдѣ-нибудь въ Европѣ вторая оппозиція той-же самой планеты, и что моментъ этой оппозиціи опять совпалъ съ моментомъ, когда въ Пекинѣ былъ полдень. Допустимъ еще, что намъ известна приближенно продолжительность синодическаго обращенія этой планеты, составляющая  $535\frac{3}{4}$  сутокъ. Если не обращать вниманія на разность между новымъ и старымъ стилями, то промежутокъ времени между выше упомянутыми оппозиціями былъ бы равенъ 2933 годамъ и 183 суткамъ. Но такъ какъ разность между обоими стилями въ XIX столѣтіи составила 12 дней, то этотъ промежутокъ на самомъ дѣлѣ равенъ 2933 годамъ и 171 суткамъ. Такъ какъ, наконецъ, въ юлианскомъ году заключается  $365\frac{1}{4}$  дней, то тотъ-же самый промежутокъ, выраженный въ суткахъ, представляется числомъ 1 071 449,25. Такъ какъ синодическое обращеніе планеты, по предположенію, составляетъ приблизительно 535,75 сутокъ, то въ разсматриваемомъ нами промежуткѣ, очевидно, заключается 2000 полныхъ синодическихъ обращеній. Поэтому, истинную величину продолжительности синодическаго обращенія мы получимъ, раздѣляя число 1 071 449,25 на 2000. Отсюда для искомой продолжительности синодическаго обращенія находимъ  $535,724625$  сутокъ. Если бы первое изъ выше приведенныхъ наблюденій было ошибочно, и именно если бы моментъ оппозиціи былъ замѣченъ на цѣлыхъ 6 часовъ позже, чѣмъ слѣдуетъ, то на такую-же величину былъ бы невѣренъ и промежутокъ между обоими наблюденіями. Въ такомъ случаѣ истинный промежутокъ между обоими наблюденіями былъ бы на тѣ же 6 часовъ больше и равнялся бы 1 071 449,5 суткамъ. Раздѣляя это число опять на 2000, мы нашли бы для истинной продолжительности синодическаго обращенія  $535,72475$  сутокъ. Эта величина на 0,000125 сутокъ или на  $10,8''$  больше той величины, которую мы нашли раньше. Такимъ образомъ, благодаря весьма большому промежутку между двумя наблюденіями, ошибка въ 6 часовъ уменьшается въ окончательномъ результатѣ до  $10,8''$ , т. е. до  $\frac{1}{2000}$  своей части.

На этомъ основаніи еще греки, отъ вниманія которыхъ не ускользнуло, что старыми наблюденіями можно съ выгодною воспользоваться для подобнахъ цѣлей, съ большою точностью опредѣлили времена обращенія известныхъ имъ планетъ, и позднѣйшіе астрономы могли лишь весьма немного исправить тѣ величины этихъ обращеній, которыя Птоломей далъ въ своемъ Альмагестѣ. Замѣтимъ, что наблюденія, раздѣленные между собою весьма большимъ промежуткомъ времени, были бы весьма важны также и для другихъ интереснахъ и сложнѣйшихъ; однако старыя наблюденія, въ соціальнѣю, по большей части настолько несовершенны, что мы можемъ ими пользоваться лишь въ рѣдкихъ случаяхъ. Вообще хорошия и точныя наблюденія начинаются только съ начала или даже сворѣе съ середины XVIII столѣтія, и со временемъ наши потомки съ большою выгодною воспользуются этими

наблюденіями для рѣшенія многихъ интересныхъ вопросовъ, которые въ настоящее время остаются нерѣшенными только по недостатку подходящихъ для этой цѣли наблюденій.

§ 88. **Опредѣленіе разстояній отъ планетъ до солнца.** По третьему закону Кеплера (§ 77) кубы большихъ полуосей  $a$  и  $a'$  двухъ какихъ-нибудь планетъ относятся между собою какъ квадраты времени ихъ сидерическихъ обращеній  $S$  и  $S'$ , т. е.

$$\frac{a^3}{a'^3} = \frac{S^3}{S'^3}.$$

Пусть величины  $a'$  и  $S'$  относятся къ землѣ. Въ такомъ случаѣ, принимая за единицу разстояній, какъ это вообще дѣлается въ астрономіи, большую полуось земной орбиты, мы въ предыдущей формулѣ должны положить  $a' = 1$ , и тогда большую полуось какой-нибудь другой планеты, продолжительность сидерическаго обращенія которой намъ известна, мы найдемъ изъ слѣдующаго весьма простаго выраженія:

$$a = \sqrt[3]{\frac{S^2}{S'^2}}.$$

Такъ, напр., мы знаемъ, что сидерическія обращенія Марса и Земли соответственно равны  $S = 686,98$  суткамъ и  $S' = 365,26$  суткамъ. Поэтому, большую полуось орбиты Марса мы найдемъ изъ слѣдующаго выраженія:

$$a = \sqrt[3]{\frac{471941,5204}{133411,8676}} = 1,524$$

Разстоянія отъ нижнихъ планетъ (§ 59) до солнца мы можемъ опредѣлить также еще по другому способу. Выше (§ 69) мы видели, что во время элонгаціи нижней планеты направление ея движенія или, что тоже самое, касательная къ ея орбитѣ совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей. Это даетъ намъ простой способъ опредѣлять разстояніе отъ нижней планеты до солнца. Взаимное расположеніе солнца, земли и нижней планеты во время элонгаціи этой послѣдней представлено на рис. 58, на которомъ  $S$  есть солнце,  $E$ —земля и  $P$ —планета. Если мы наблюдаемъ планету во время ея элонгаціи, то тѣмъ самымъ мы опредѣляемъ непосредственно изъ наблюденій уголъ  $E$  въ треугольникѣ  $SPE$ , прямоугольномъ при  $P$ . Изъ этого треугольника, въ которомъ, кромѣ того, известно разстояніе  $SE$  отъ земли до солнца, мы по простой тригонометрической формулѣ

$$SP = SE \sin SEP$$

можемъ вычислить разстояніе  $SP$  отъ планеты до солнца.

Подобнымъ-же образомъ, только съ небольшимъ измѣненіемъ, можетъ быть опредѣлено разстояніе отъ луны до земли. Во время квадратуръ, т. е. въ моменты первой и послѣдней четверти, линія, соединяющая центры солнца и луны, перпендикулярна къ линіи, проходящей черезъ центры луны и земли. Моментъ, когда луна находится въ одной изъ квадратуръ, узнается по тому, что граница свѣта и тѣни, отдѣляющая освѣщенную часть луны отъ неосвѣщенной и обыкновенно имѣющая видъ выпуклой или вогнутой кривой линіи, въ это время представляется прямою линіей. Если мы измѣримъ въ этотъ моментъ уголъ  $PES$ , образуемый линіями зрѣнія  $EP$  и  $ES$ , идущими изъ глаза наблюдателя къ лунѣ  $P$  и солнцу  $S$ , то разстояніе  $EP$  отъ луны до земли можетъ быть вычислено по формулѣ

$$EP = ES \cos SEP,$$

получающейся изъ треугольника  $SEP$  (рис. 58). Однако весьма трудно замѣтить съ достаточною точностію тотъ моментъ, когда граница свѣта и тѣни представляется въ точ-

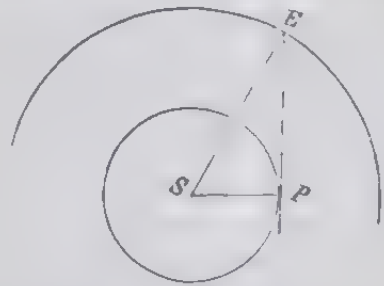


Рис. 58.

ности прямою линией, точно также трудно замѣтить моментъ, когда нижняя планета находится въ элонгации. Поэтому опредѣленіе разстояній по описанному во второй половинѣ этого параграфа способу даетъ ненадежные результаты. Тѣмъ не менѣе первыя приближенныя опредѣленія разстояній были сдѣланы именно по этому способу.

§ 89 **Опредѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ.** По первому закону Кеплера (§ 73) площади, описываемыя радиусомъ-векторомъ планеты въ различные промежутки времени, пропорциональны этимъ промежуткамъ. Если бы планета двигалась по круговой линіи, и если бы въ центрѣ этой линіи находилось солнце, то упомянутыя площади были бы вмѣстѣ съ тѣмъ пропорциональны угламъ, образуемымъ при солнцѣ начальнымъ и конечнымъ положеніями радиуса-вектора, иначе говоря, движеніе планеты было бы равномернымъ. Поэтому, неравенства, замѣчаемыя въ движеніи планетъ около солнца, заведутъ исключительно отъ эксцентриситетовъ ихъ эллиптическихъ орбитъ.

Сравнимъ движеніе истинной планеты  $P$  (рис. 57, стр. 123) по эллиптической кривой съ движеніемъ воображаемой или средней планеты  $M$  (§ 82), равномерно движущейся по окружности круга  $BM$ , въ центрѣ котораго находится солнце  $S$ . Вспомнимъ, что средняя планета, при своемъ движеніи, проходитъ черезъ большую ось эллипса, описываемого истинной планетой, всегда одновременно съ этой послѣдней, и что времена обращеній обѣихъ планетъ равны между собою. Въ то время какъ средняя планета  $M$  равномерно движется по окружности круга, неравномерное движеніе истинной планеты  $P$  по эллиптической кривой совершается такъ, что площадь  $BPS$  эллиптического сектора ежедневно увеличивается на одну и ту-же величину. Такъ какъ скорость движенія истинной планеты, при ея прохожденіи черезъ перигелий  $B$ , достигаетъ наибольшей величины (§ 72), то вначалѣ истинная планета опережаетъ среднюю, это значить, что уравненіе орбиты, представляющееся угломъ  $MSP$  (§ 82) и въ самомъ перигелии равное нулю, въ это время выражается положительной величиной. Въ афелии  $A$  уравненіе орбиты снова обращается въ нуль, такъ какъ истинная и средняя планеты одновременно проходятъ соответственно черезъ точки  $A$  и  $A'$ , лежація на большой оси. Поэтому, на эллиптической кривой между точками  $A$  и  $B$  должна существовать некоторая третья точка, въ которой уравненіе орбиты достигаетъ наибольшаго значенія. Численная величина этого наибольшаго значенія уравненія орбиты зависитъ исключительно отъ эксцентриситета орбиты, и потому, обратно, если намъ извѣстно наибольшее значеніе уравненія орбиты, мы можемъ по этому значенію вычислить эксцентриситетъ.

§ 90 **Опредѣленіе положенія линіи апсидъ.** Мы видѣли, что эксцентриситетъ планетной орбиты можетъ быть опредѣленъ, если предварительно мы найдемъ изъ наблюденій наибольшее значеніе уравненія орбиты, соответствующее, какъ показываютъ тѣ-же наблюденія, некоторому положенію планеты, лежащему приблизительно по срединѣ между обоими апсидами. Подобнымъ же образомъ положеніе большой оси орбиты можетъ быть опредѣлено, если мы найдемъ при помощи наблюденій положеніе тѣхъ точекъ  $A$  и  $B$  орбиты, въ которыхъ скорость движенія планеты около солнца достигаетъ наибольшаго и наименьшаго значенія. Но такъ какъ такого рода наблюденія не допускаютъ большой точности, то гораздо лучше воспользоваться другимъ способомъ. Именно, извѣстную планету наблюдаютъ по возможности часто въ теченіе цѣлаго оборота ея около солнца. Затѣмъ, изъ всѣхъ положеній планеты выбираютъ два такихъ, которыя отдѣлены другъ отъ друга въ точности полупериодомъ и которымъ соответствуютъ долготы, различающіяся между собою ровно на  $180^\circ$ . Прямая линія, проходящая черезъ обѣ эти точки, очевидно, и есть линія апсидъ. Двумъ положеніямъ планеты, находящимся на концахъ всякой другой прямой линіи  $CC'$ , проходящей черезъ центръ солнца  $S$  (рис. 57), соответствуютъ долготы, отличающіяся другъ отъ друга также на  $180^\circ$ ; но промежутокъ времени, въ теченіе котораго планета проходитъ путь  $CC'$ , значительно короче промежутка, употребляемаго пла-

нею на прохожденіе дуги  $\mathcal{B}VZ$ , такъ какъ на первой изъ этихъ дугъ лежитъ перигелій  $B$ , а на второй—афелій  $A$ , и, слѣдовательно, первую дугу планета пробѣгаетъ съ большою скоростью, чѣмъ вторую.

§ 91. Движеніе линіи апсидъ. Если мы сравнимъ два опредѣленія положенія линіи апсидъ, отдѣленные одно отъ другого нѣсколькими столѣтіями, то мы замѣтимъ, что долгота перигелія, а, слѣдовательно, также и долгота афелия всѣхъ планетныхъ орбитъ съ теченіемъ времени увеличивается. Таблица, помѣщенная въ концѣ нашей книги, даетъ годовое измѣненіе въ положеніи апсидъ для всѣхъ планетъ. Такъ, напр., долгота перигелія земной орбиты увеличивается ежегодно на  $0,0171^\circ$ . Такимъ образомъ, если земля, въ концѣ года, снова приходитъ въ ту точку своей орбиты, съ которой въ началѣ года совпадала ея перигелій, то она должна пройти еще дугу, равную  $0,0171^\circ$ , чтобы снова достигъ перигелія. Время, въ теченіе котораго земля проходитъ эту дугу, равно дроби  $\frac{0,0171}{360}$   $2\pi$ , умноженной на продолжительность тропическаго года, составляющую 365,24225 дней. Производя указанные вычисленія, находимъ для этого промежутка времени 0,01736 сутокъ. Слѣдовательно, промежутокъ времени, въ теченіе котораго земля совершаетъ по своей орбитѣ полный оборотъ относительно перигелія и который называется аномалистическимъ годомъ, на 0,01736 сутокъ больше тропическаго года. Поэтому, продолжительность аномалистическаго года составляетъ  $365,24225 + 0,01736 = 365,25961$  сутокъ.

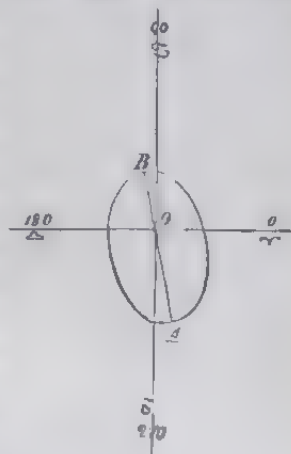


Рис. 59.

Такъ какъ долготы перигелія и афелия земной орбиты ежегодно измѣняются на  $0,0171^\circ$ , то линія апсидъ, вращаясь около центра солнца, какъ около неподвижной точки, возвращается въ прежнее свое положеніе и, слѣдовательно, описываетъ полные  $360^\circ$  относительно точки весенняго равноденствія приблизительно въ теченіе 20930 лѣтъ.

§ 92. Продолжительность времени года въ различныхъ столѣтіяхъ. Долгота перигелія земной орбиты въ срединѣ XIX столѣтія равнялась, какъ показываетъ помѣщенная въ концѣ книги таблица,  $100^\circ$ . Поэтому, если на рис. 59 двѣ взаимноперпендикулярныя линіи  $\gamma \simeq$  и  $\zeta \simeq$ , проходящія черезъ центръ солнца  $O$ , обозначаютъ соответственно линію равноденствій и линію солнцестояній (Введ. § 11), то въ настоящее время эллиптическая орбита земли имѣетъ расположеніе, указанное на томъ-же рисункѣ, причѣмъ  $B$  есть перигелій,  $A$  — афелій, и, слѣдовательно, линія  $AB$  представляетъ большую ось орбиты. Въ началѣ нашей весны земля находится въ той точкѣ своей орбиты, въ которой эта послѣдняя пересѣкается съ линіей  $O\zeta$ , точно также, когда въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто, осень и зима, земля занимаетъ соответственно тѣ точки своей орбиты, въ которыхъ эта послѣдняя пересѣкается съ линіями  $O\zeta$ ,  $O\gamma$ ,  $O\nu$ . Въ четырехъ только что упомянутыхъ точкахъ земля бываетъ соответственно 21 марта, 21 юня, 23 сентября и 21 декабря (§ 33). Пусть плоскость рисунка представляетъ плоскость экватора. Въ такомъ случаѣ линія  $\gamma \simeq$ , по которой плоскость экватора пересѣкается съ плоскостью эклиптики или, иначе говоря, съ плоскостью земной орбиты, дѣлитъ эллипсъ, описываемый землей, на двѣ части: та часть, на которой находится перигелій  $B$ , лежитъ надъ плоскостью рисунка; другая же часть, заключающая въ себѣ афелій  $A$ , — подъ этою плоскостью. На первой изъ этихъ частей земля находится съ начала нашей осени до начала весны, на другой же части — въ теченіе нашихъ весны и лѣта. Такимъ образомъ мы видимъ, что во время нашей зимы земля бываетъ ближе къ солнцу, чѣмъ во время лѣта. Такъ какъ нашей зимѣ въ южномъ полушаріи соответствуетъ лѣто, то ясно, что, подъ одинаковыми широтами, въ южномъ полу-

шаріи лѣто должно быть теплѣе, чѣмъ въ сѣверномъ, что и замѣчается въ дѣйствительности. Такъ, напр., внутри Австраліи бываетъ болѣе нестерпимая жара, чѣмъ въ Самарѣ.

Такъ какъ, далѣе, скорость движенія земли около перигелія бываетъ наибольшая, а около афелія наименьшая, то ясно, что у насъ въ настоящее время продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, нѣсколько больше, чѣмъ продолжительность осени и зимы. Промежутокъ времени, протекающій отъ момента, когда солнце находится въ точкѣ весенняго равноденствія, до момента, когда оно вступаетъ въ точку солнцестоянія, иначе говоря— продолжительность весны въ сѣверномъ полушаріи въ настоящее время составляетъ 92,91 дней; подобнымъ же образомъ, лѣто у насъ продолжается 93,57, осень—89,70 и зима—89,07 дней. Сумма первыхъ двухъ чиселъ составляетъ 186,48, сумма послѣднихъ двухъ чиселъ—178,77. Следовательно, продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, превосходить въ настоящее время на 7,71 дней продолжительность осени и зимы. Продолжительность обоихъ теплыхъ временъ года будетъ превосходить продолжительность холодныхъ временъ до тѣхъ поръ, пока перигелій земной орбиты будетъ находиться по ту сторону отъ линіи равноденствія, по которую онъ находится въ настоящее время. Но съ теченіемъ времени перигелій земной орбиты перемѣстится по другую сторону отъ линіи равноденствія, и тогда холодное время года у насъ будетъ продолжительнѣе теплаго. Измѣненія въ положеніи линіи апсидъ, обусловливаемая дѣйствіемъ остальныхъ планетъ на землю, не имѣютъ періодическаго характера, какъ большая часть подобныхъ измѣненій, изъ которыхъ многія заключаются въ весьма рѣдкихъ прѣтѣзанъ и къ числу которыхъ принадлежатъ, между прочимъ, измѣненія наклонности эклиптики (§ 24). Линія же апсидъ движется, правда, то медленнѣе, то скорѣе, но всегда въ одномъ и томъ же направленіи, такъ что въ концѣ концовъ она описываетъ полный оборотъ въ 360°, для чего впрочемъ требуется періодъ, состоящій изъ многихъ тысячъ лѣтъ. Вслѣдствіе мы еще вернемся къ этому весьма интересному предмету. Здѣсь же будетъ достаточно подробнѣе рассмотреть положеніе земной орбиты въ различныхъ эпохи нашей, такъ называемой исторіи человѣчества.

Долгота перигелія земной орбиты, согласно съ вышесказаннымъ, увеличивается ежегодно на 0,0171°, следовательно, за сто лѣтъ это увеличеніе составляетъ 1,71°. Такъ какъ мы знаемъ, что въ серединѣ XIX столѣтія долгота перигелія равнялась 100,40°, то пользуясь только что найденнымъ значеніемъ вѣкового движенія линіи апсидъ, мы можемъ вычислить или долготу перигелія для какого угодно момента, или моментъ, которому соотвѣтствуетъ напередъ заданная долгота перигелія. Такъ напр., за 4000 лѣтъ до Р. Хр. долгота перигелія равнялась 0°, иначе говоря—перигелій *B* земной орбиты лежалъ въ то время на линіи равноденствія *OU*. Следовательно, большая ось земной орбиты совпадала тогда съ линіей равноденствія, а малая съ линіей солнцестояній  $\odot\chi$ . Вслѣдствіе этого, тогда продолжительность двухъ теплыхъ временъ года была въ точности равна продолжительности двухъ холодныхъ временъ. Замѣчательно, что большая часть нашихъ хронологовъ относить къ этому времени происхожденіе земли или вѣрнѣе сказать первые историческіе слѣды существованія человѣка на нашей землѣ.

Во времена Гиппарха, за 140 лѣтъ до Р. Хр., долгота перигелія равнялась 66°, и, следовательно, въ то время перигелій лежалъ въ углѣ  $\gamma O\gamma$ , а афелій—въ противоположномъ углѣ  $\omega O\omega$ . Тогда весна продолжалась 94,5 дня, а лѣто 92,5 дня, такъ что весна была длиннѣе лѣта, точно также, зима тогда была длиннѣе осени. Въ настоящее же время, напротивъ, лѣто длиннѣе весны, и осень длиннѣе зимы.

Въ 1250 году послѣ Р. Хр., во времена императора Фридриха II или во времена послѣдняго крестоваго похода при Людовикѣ IX, долгота перигелія составляла 90°, и перигелій лежалъ на линіи земнаго солнцестоянія  $O\omega$ , такъ что большая ось совпадала съ линіей  $\odot\chi$ , а малая—съ линіей  $\gamma \omega$ . Линія равноденствія  $\gamma \omega$  раздѣляла тогда эллиптическую кривую на двѣ неравныя части, и перигелій лежалъ по серединѣ меньшей

пъ этихъ частей. Поэтому земля проходила эту часть въ гораздо болѣе короткій промежутокъ времени, чѣмъ другую часть своей орбиты, по двумъ причинамъ, съ одной стороны потому, что длина этой части была меньше, а съ другой стороны потому, что земля двигалась по ней съ болѣею скоростью. Слѣдовательно, въ то время продолжительность осени и зимы, вмѣстѣ взятыхъ, была значительно короче продолжительности обоихъ теплыхъ временъ года, но вмѣстѣ съ гѣмъ весна имѣла одинаковую продолжительность съ лѣтомъ, а осень съ зимою.

Черезъ 6450 послѣ Р. Хр. долгота перигелія будетъ равняться  $180^\circ$ , и тогда расположение земной орбиты будетъ совершенно обратное тому, которое имѣло мѣсто за 4000 лѣтъ до Р. Хр. Именно, перигелій тогда будетъ лежать на линіи  $O'$ , а афелій на линіи  $O''$ , и малая ось эллипса будетъ совпадать съ линіей солнцестояній  $\odot\zeta$ . Послѣ этой эпохи перигелій будетъ находиться въ углѣ  $\sphericalangle O\zeta$ , и продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, будетъ короче продолжительности осени и зимы.

§ 93. Измѣреніе времени. Звѣздное время. Вращеніе земли около оси и ея движеніе вокругъ солнца лежатъ въ основаніи всѣхъ нашихъ счисленій времени, имѣющихъ весьма важное значеніе какъ въ общественной жизни, такъ и въ наукѣ и потому заслуживающихъ здѣсь особеннаго разсмотрѣнія.

Временемъ, какъ извѣстно, называется то впечатлѣніе, которое оставляетъ въ нашей памяти рядъ слѣдующихъ другъ за другомъ событий. Для измѣренія времени мы обыкновенно пользуемся движеньемъ какого-нибудь тѣла, относительно котораго намъ извѣстно, что скорость его движенія не мѣняется, или, какъ, напр., въ случаѣ качаній маятника, что продолжительность одного такого качанія остается постоянно одно и то-же.

На небѣ мы наблюдаемъ много такихъ движеній, которыя, какъ показываютъ наши точнѣйшія изслѣдованія, происходятъ совершенно равномерно и потому вполнѣ пригодны для измѣреній времени. Къ такого рода движеніямъ принадлежатъ прежде всего вращенія планетъ и особенно суточное вращеніе земли около ея оси, которое, какъ это слѣдуетъ не только изъ теоретическихъ соображеній, но также и изъ наблюденій, происходить совершенно равномерно и продолжительность котораго съ древнѣйшихъ временъ остается неизмѣнною.

Это вращеніе земли мы узнаемъ по движенью неподвижныхъ звѣздъ, которыя, вслѣдствіе этого, въ теченіе сутокъ совершаютъ полный оборотъ около земли, и мы говоримъ, что протекаютъ звѣздныя сутки и наступаютъ новыя въ тотъ моментъ, когда мы усматриваемъ какую-нибудь неподвижную звѣзду въ той-же самой точкѣ небесной сферы какъ и вчера, напр., противъ вершины какой-нибудь башни, причемъ, конечно, предполагается, что наблюдатель постоянно занимаетъ одно и то-же положеніе. Звѣздныя сутки дѣлятся на 24 части, называемыя часами, часъ подраздѣляется на 60 минутъ, минута на 60 секундъ.

Такъ какъ здѣсь идетъ рѣчь о видимомъ движеньи небесной сферы, или, иначе говоря, объ истинномъ движеньи земли, которое совершается около земной оси и при которомъ, слѣдовательно, всѣ точки земной поверхности движутся въ плоскостяхъ, параллельныхъ плоскости экватора, то мы можемъ также сказать, что звѣздными сутками называется тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго любая точка экватора совершаетъ полный оборотъ, г. е. описываетъ полныя  $360^\circ$ , около центра земли. При этомъ движеньи въ теченіе часа проходятъ черезъ меридианъ, очевидно, 15 градусовъ экватора, въ теченіе минуты — 15 дуговыхъ минутъ и въ теченіе секунды — 15 дуговыхъ секундъ (Вид. § 4).

За начало звѣздныхъ сутокъ считаютъ моментъ прохожденія точки весенняго равноденствія черезъ меридианъ. Правда, эта точка — какъ мы видѣли раньше, сама по себѣ остается неподвижною, но ея движенье совершается настолько равномерно и настолько медленно, что мы можемъ, по крайней мѣрѣ при первомъ разсмотрѣннн вопроса, оставить это движенье совсѣмъ безъ вниманія.

Такимъ образомъ, звѣздными сутками называется промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями точки весенняго равноденствія черезъ меридианъ, и въ любомъ мѣстѣ земной поверхности звѣздныя сутки начинаются въ тотъ моментъ,

когда точка весеннего равноденствия проходитъ черезъ меридианъ этого мѣста. Въ течение часа всякая точка экватора, а также и точка весеннего равноденствия перемѣщается по окружности экватора на  $\frac{1}{24}$ -ую ее часть, и, следовательно, черезъ часъ послѣ кульминации точки весеннего равноденствия, часовой уголъ (Введ. § 9) этой последней равняется одному часу или  $15'$ . Точно также, черезъ 2, 3, 4 часа послѣ кульминации точки весеннего равноденствия, ее часовой уголъ равняется 2, 3, 4 часамъ или 30, 45, 60 градусамъ. Поэтому, мы можемъ сказать, что звездными сутками называется промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кульминациями точки весеннего равноденствия, а звезднымъ временемъ — часовой уголъ этой точки (Введ. § 23).

§ 94. **Истинное солнечное время.** Однако, въ общественной жизни было бы болѣе удобно измѣрять время не движениемъ точки весеннего равноденствия, а движениемъ солнца, такъ какъ оно, то появляясь изъ-подъ нашего горизонта, то исчезая подъ нимъ, служитъ причиной правильно совершающагося смѣны темноты свѣтомъ и, наоборотъ, свѣга темной и, такимъ образомъ, обуславливаетъ на землѣ день и ночь, которая вмѣстѣ и образуютъ сутки. Точно также, совершая свое видимое движеніе по окружности эклиптики и возвращаясь снова къ точкѣ весеннего равноденствия, солнце является причиной послѣдовательной смѣны весны, лѣта, осени и зимы, которыя, всѣ вмѣстѣ, и составляютъ нашъ годъ.

Поэтому, подобно предыдущему, мы можемъ сказать, что солнечными истинными сутками называется промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кульминациями солнца, и что солнечное истинное время въ любомъ мѣстѣ на земной поверхности есть тотъ уголъ, который плоскость меридиана этого мѣста образуетъ съ плоскостью круга склоненій солнца; иначе говоря, солнечное истинное время, соответствующее данному моменту, есть часовой уголъ солнца, соответствующій этому моменту. Этотъ часовой уголъ обыкновенно называется просто истиннымъ временемъ (Введ. § 9).

Однако, мы здѣсь тотчасъ-же наталкиваемся на нѣкоторыя затрудненія, которыя мы и постараемся устранить, прежде чѣмъ идти дальше.

Время измѣняется равномерно, и потому мы можемъ его измѣрять только при помощи такихъ движеній, которыя сами совершаются, какъ мы уже выше сказали, также равномерно. Солнце-же, вѣдѣние эллиптичности земной орбиты, движется, при своемъ видимомъ перемѣщеніи по небесной сферѣ, то медленнѣе, то быстрѣе. Кромѣ того, это движеніе совершается не въ плоскости экватора, а въ плоскости эклиптики; вѣдѣніе этого, если-бы даже долготы солнца измѣнялись равномерно, все-же измѣненіе его прямыхъ восхожденій произошло-бы неравномерно. Поэтому, движениемъ солнца мы собственно не можемъ воспользоваться для измѣренія времени, такъ какъ въ этомъ случаѣ не только продолжительность самихъ сутокъ, но также и длина отдельныхъ часовъ, минутъ и секундъ въ различныя времена года была-бы различна, и, следовательно, самая единица времени была бы перемѣняемая и потому неудобная для точныхъ измѣреній времени.

Не смотря на это, движеніе солнца, являющееся причиной смѣны дней и ночей, какъ-бы само направляется, чтобы имъ воспользоваться для измѣреній времени, и, кромѣ того, уже съ древнѣйшихъ временъ этимъ движениемъ, вообще, пользовались для подобныхъ измѣреній, такъ что намъ необходимо посмотреть, нельзя ли, можетъ-быть, при помощи тщательнѣй устранивъ вышеупомянутыя неправильности въ движеніи солнца.

§ 95. **Среднее время.** Итакъ, движеніе солнца, въ томъ видѣ, въ какомъ мы его наблюдаемъ, не вполне пригодно для измѣреній времени, такъ какъ, съ одной стороны, это движеніе неравномерно вѣдѣніе того, что оно происходитъ по эллиптической кривой, съ другой-же стороны, если бы даже солнце двигалось по эклиптикѣ равномерно, то все же измѣненія его прямыхъ восхожденій, измѣненія, которыми только и можно пользоваться для измѣренія времени, были бы неравномерны.

Въ настоящемъ случаѣ мы можемъ примѣнить, съ небольшимъ измѣненіемъ, тотъ-же



самый способ, какимъ мы пользовались уже раньше (§ 82), когда мы натолкнулись на подобныя же затрудненія при опредѣленіи положенія планеты на ея эллиптической орбитѣ. Для этой цѣли мы тогда ввели въ разсмотрѣніе такъ называемую среднюю планету. Говно также и теперь введемъ въ разсмотрѣніе среднее солнце, которое, подобно истинному движется въ плоскости эклиптики, но только равномерно, и движеніе котораго совершается, притомъ, такимъ образомъ, что оно проходитъ черезъ перигелій и афелій всегда одновременно съ истиннымъ солнцемъ; слѣдовательно, время обращенія этого среднего солнца равно времени обращенія истиннаго солнца. Пользуясь этимъ среднимъ солнцемъ, долгота котораго для любого момента вычисляется весьма просто, мы можемъ, при помощи небольшого вычисленія, опредѣлить также и положеніе истиннаго солнца, которое находится всегда вблизи средняго.

Вообразимъ еще второе среднее солнце, которое движется также равномерно, но только въ плоскости экватора, и которое проходитъ черезъ точки весенняго и осенняго равноденствій одновременно съ первымъ среднимъ солнцемъ. Такимъ образомъ, время обращенія второго среднего солнца равно времени обращенія перваго среднего солнца, а, слѣдовательно, и времени обращенія истиннаго солнца. При такихъ предположеніяхъ, прямое восхожденіе второго среднего солнца, очевидно, всегда равно долготѣ перваго среднего солнца; долготу же этого послѣдняго мы можемъ взять непосредственно изъ таблицъ движенія солнца (§ 83).

Итакъ, мы легко можемъ опредѣлить для любого момента положеніе той точки экватора, которую занимаетъ второе среднее солнце. Часовой уголъ этой точки называется среднимъ солнечнымъ временемъ или, короче, просто среднимъ временемъ.

§ 96. **Уравненіе времени.** Нетрудно также опредѣлить положеніе той точки экватора, въ которой въ данный моментъ находится истинное солнце. Именно, въ таблицахъ движенія солнца, кромѣ средней его долготы, дается также уравненіе орбиты (§ 83), прибавляя уравненіе орбиты къ средней долготѣ, мы тотчасъ же получаемъ истинную долготу и затѣмъ, при помощи весьма небольшого вычисленія, опредѣляемъ прямое восхожденіе истиннаго солнца.

Разность часовыхъ угловъ двухъ точекъ, положеніе которыхъ мы опредѣлили въ началѣ этого и въ концѣ предыдущаго параграфовъ, иначе говоря, прямое восхожденіе истиннаго солнца безъ долготы перваго средняго или, что то-же, безъ прямого восхожденія втораго средняго равняется, очевидно, разности между среднимъ и истиннымъ солнечнымъ временемъ для данного момента. Эта разность называется уравненіемъ времени, прибавляя уравненіе времени съ надлежащимъ знакомъ къ истинному времени, получаемъ соответственное среднее время.

Вывѣтъ съ тѣмъ весьма легко, при помощи несложнаго вычисленія, получить уравненіе времени для любого момента и, слѣдовательно, также истинное время, соответствующее данному среднему, или наоборотъ. Чтобы облегчить переводъ истиннаго времени въ среднее и обратно, въ астрономическихъ эфемеридахъ и въ лучшихъ календаряхъ дается уравненіе времени на цѣлый годъ для каждаго полудія; затѣмъ, уже по простой пропорціи, можно вычислить уравненіе времени для любого момента, лежащаго между двумя полудіями.

Уравненіе времени достигаетъ наибольшаго значенія два раза въ году, именно въ серединѣ февраля и въ началѣ ноября; въ первомъ случаѣ среднее время опережаетъ истинное на 14,5 минутъ, во второмъ среднее время отстаетъ отъ истиннаго на 16,4 минуты.

§ 97. **Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и обратно.** Такъ какъ второе среднее солнце проходитъ черезъ равноденственныя точки одновременно съ первымъ среднимъ солнцемъ, то времена обращеній обоихъ этихъ солнць, очевидно, равны между собою и вывѣтъ съ тѣмъ равенъ тропическому году, продолжительность котораго составляетъ 365,24220 среднихъ солнечныхъ сутокъ. слѣдовательно, въ теченіе этого времени долгота

первого или, что то-же самое, прямое восхождение второго среднего солнца увеличивается на полные  $360^\circ$ , и такъ какъ это увеличеніе въ теченіе цѣлаго года происходитъ равномерно, то отсюда мы выводимъ, что прямое восхождение второго средняго солнца въ продолженіе сутокъ увеличивается на  $\frac{360}{365,24220}$ , т. е. на  $0,9856472^\circ$ . Обращая этотъ уголъ во время, для чего предыдущее число надо умножить на 15, получаемъ  $0,0657098$  часовъ или  $0^h 3^m 56,555^s$  или, наконецъ,  $0,0027379$  сутокъ.

Поэтому, если въ какой-нибудь опредѣленный день второе среднее солнце проходитъ черезъ меридіанъ даннаго мѣста одновременно съ точкой весенняго равноденствія, иначе говоря, если въ этотъ день начало звѣздныхъ сутокъ совпадаетъ съ началомъ среднихъ солнечныхъ сутокъ, то на слѣдующій день, въ моментъ кульминаціи средняго солнца, это послѣднее, вследствие собственнаго движенія, будетъ отстоять отъ точки весенняго равноденствія къ востоку на такую дугу, которую оно проходитъ въ  $0,0027379$  звѣздныхъ сутокъ. Отсюда мы заключимъ, что среднія солнечныя сутки равны  $1,0027379$  звѣзднымъ суткамъ, и обратно, звѣздныя сутки равны  $\frac{1}{1,0027379} = 0,9972696$  среднимъ солнечнымъ суткамъ. Другими словами, продолжительность среднихъ солнечныхъ сутокъ превосходитъ продолжительность звѣздныхъ сутокъ на  $3^m 56,555^s$  звѣзднаго времени, или, иначе говоря, среднія солнечныя сутки заключаютъ  $24^h 3^m 56,555^s$  звѣзднаго времени, и, обратно, въ звѣздныхъ суткахъ содержится  $23^h 56^m 4,091^s$  средняго времени. Изъ предыдущаго легко выводимъ, что тропическій годъ равенъ  $365,24220$  среднимъ солнечнымъ суткамъ или  $366,24220$  звѣзднымъ суткамъ; иначе говоря, въ теченіе тропическаго года точка весенняго равноденствія совершаетъ около земли одинъ оборотомъ больше, чѣмъ среднее солнце.

Собразно съ этимъ, наша земля совершаетъ полный оборотъ около своей оси въ теченіе звѣздныхъ сутокъ, или въ  $23^h 56^m 4,09^s$  средняго солнечнаго времени. Наблюдетелю же кажется, что неподвижныя звѣзды, не измѣняя своего относительнаго положенія на небесной сферѣ, совершаютъ въ теченіе того-же самого времени полный оборотъ около неподвижной земли. Если мы будемъ пользоваться при наблюденій часаами, идущими по среднему времени, т. е. такими, которые въ моментъ кульминаціи средняго солнца ежедневно показываютъ въ точности  $12^h 0^m 0^s$ , то любая изъ неподвижныхъ звѣздъ въ каждый слѣдующій день будетъ кульминировать на  $3^m 55,91^s$  средняго времени раньше, чѣмъ въ предыдущій. Эта величина называется ускореніемъ неподвижныхъ звѣздъ. Вслѣдствіе этого ускоренія, моментъ кульминаціи любой изъ неподвижныхъ звѣздъ съ теченіемъ времени приходится все на болѣе и болѣе ранне часы среднихъ сутокъ. Такъ, напр. если какая-нибудь звѣзда въ началѣ кульминировала въѣтъ съ солнцемъ, т. е. въ полдень, то черезъ 3 мѣсяца она будетъ кульминировать въ 6 часовъ утра, черезъ 6 мѣсяцевъ — въ полночь и, наконецъ, черезъ 9 мѣсяцевъ — въ 6 часовъ вечера.

Все, что было здѣсь сказано о неподвижныхъ звѣздахъ, относится, конечно, также и къ точкѣ весенняго равноденствія. Моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія, иначе говоря начало звѣздныхъ сутокъ, случается, если считать по среднему времени, съ звѣздами шлемъ круглымъ числомъ на 4 минуты раньше. Вслѣдствіе этого начало звѣздныхъ сутокъ приходится въ теченіе года попеременно на всѣ часы дня и ночи, и потому пользоваться звѣзднымъ временемъ въ общественной жизни невозможно. Для астрономовъ же звѣздное время представляетъ большія преимущества и удобства, такъ что они при всѣхъ своихъ наблюденіяхъ пользуются этимъ временемъ. Пояснимъ это простымъ примѣромъ. Такъ какъ въ звѣздное время есть часовой уголъ точки весенняго равноденствія и такъ какъ для любой звѣзды, въ моментъ кульминаціи, ея прямое восхождение равно часовому углу точки весенняго равноденствія, то звѣздное время, соотвѣствующее моменту кульминаціи какой-нибудь звѣзды, очевидно, и есть не что иное, какъ ея прямое восхождение, которое мы знаемъ въ данное время. Поэтому, если при наблюденіяхъ мы пользуемся часами, идущими

по звездному времени, то время, замѣченное по этимъ часамъ въ моментъ кульминаціи какой-нибудь звезды, вмѣстѣ съ тѣмъ непосредственно выражаетъ и ея прямое восхождение; если же наблюдения производятся по часамъ, идущимъ по среднему времени, то среднее время, соответствующее моменту кульминаціи, еще необходимо предварительно обратить въ звездное время.

Впрочемъ часы, идущіе по среднему времени, можно легко урегулировать такъ, чтобы они шли по звездному времени. Для этого необходимо линзу на маятникѣ повышать или, что то-же самое, приближать къ точкѣ привѣса маятника до тѣхъ поръ, пока ходъ часовъ не замѣнится настолько, что промежутку времени между двумя послѣдовательными кульминаціями какой-нибудь неподвижной звезды будетъ соответствовать ровно 24 часа. Загѣмъ стрѣлки часовъ надо установить такъ, чтобы въ моментъ кульминаціи нѣкоторой звезды, прямое восхождение которой вѣдѣстно, показаніе стрѣлокъ равнялось этому послѣднему. Въ такомъ случаѣ часы будутъ показывать, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущаго, непосредственно звездное время.

Пользуясь выше приведенными соотношеніями между среднимъ и звезднымъ временемъ, мы легко можемъ любой промежутокъ, выраженный въ звездномъ времени, выразить также въ среднемъ времени и наоборотъ. Въ первомъ случаѣ каждый часъ звезднаго времени надо уменьшить на  $9.829''$ , во второмъ — каждый часъ средняго времени надо увеличить на  $9.846''$ .

Однако, какимъ же образомъ определить абсолютное звездное время, соответствующее нѣкоторому моменту, выраженному въ среднемъ времени, или наоборотъ?

Для этого необходимо имѣть въ виду, что среднее время, соответствующее данному моменту, есть часовой уголъ средняго солнца, а звездное время часовой уголъ точки весенняго равноденствія для того-же самого момента. Пусть кругъ  $BDT$  представляетъ экваторъ, а прямая  $BD$ —линію пересѣченія плоскости экватора съ плоскостью меридиана (рис. 60). Если въ данный моментъ точка весенняго равноденствія находится въ  $T$ , а среднее солнце въ  $t$ , то дуга  $BT$  есть часовой уголъ (Введ. § 23) точки весенняго равноденствія или звездное время, дуга  $Bt$ —часовой уголъ втораго средняго солнца или среднее время, и, наконецъ, дуга  $Tt$ —прямое восхождение втораго средняго или, что то-же самое, долготы перваго средняго солнца (§ 95). Изъ чертежа 60 ясно, что между этими тремя величинами всегда должно существовать такое соотношеніе.

$$BT = Bt + Tt.$$

Отсюда мы выводимъ, что для обращенія долготы средняго времени въ звездное необходимо къ среднему времени  $Bt$  прибавить прямое восхождение  $Tt$  средняго солнца, соответствующее данному моменту.

Чтобы вывести правило для рѣшенія обратнаго задачи, т. е. для обращенія долготы звезднаго времени въ среднее, перепишемъ предыдущее соотношеніе въ такомъ видѣ

$$Bt = BT - Tt$$

Отсюда ясно, что, если мы изъ даннаго звезднаго времени  $BT$  вычтемъ прямое восхождение  $Tt$  средняго солнца, соответствующее данному моменту, то и получимъ искомое среднее время  $Bt$ .

Чтобы облегчить рѣшеніе задачи на переводъ времени, въ астрономическихъ эфемеридахъ и календаряхъ дается для каждаго полудня прямое восхождение средняго солнца подъ названіемъ звезднаго времени въ средней полдень. По простой пропорціи мы можемъ вычислить прямое восхождение средняго солнца для какаго угодно момента, лежащаго между двумя полуднями, такъ какъ оно ежедневно увеличивается круглымъ числомъ на 4 минуты. Слѣдовательно, въ теченіе мѣсяца звездное время опережаетъ среднее при-

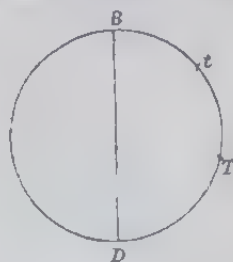


Рис. 60.

близительно на 2 часа. А такъ какъ въ началѣ весны, именно около 20-го Марта по южному стилю, второе среднее солнце находится весьма близко отъ точки весенняго равноденствія, и, следовательно, начало среднихъ сутокъ около этого времени почти совпадаетъ съ началомъ звѣздныхъ сутокъ, то мы весьма легко можемъ приближенно вычислить разность между звѣзднымъ и среднимъ временемъ для какого угодно дня въ году, если только примемъ, что эта разность, равная нулю 20-го Марта, увеличивается на одну часть въ теченіе каждыхъ 15 дней.

§ 98. **Введеніе средняго времени въ гражданскую жизнь.** Непосредственно изъ наблюдений мы получаемъ истинное время, а не среднее, такъ какъ наблюдения производятся надъ истиннымъ солнцемъ, среднее же время можетъ быть выведено изъ истиннаго при помощи вычислений. Въ тотъ моментъ, когда истинное солнце проходитъ черезъ меридианъ какого-нибудь мѣста, въ этомъ послѣднемъ считается истинный полдень или 12 часовъ. Положимъ, для примѣра, что кульминація солнца наблюдалась 10 Июля 1894 года, и что часы, по которымъ производилось это наблюдение, въ моментъ кульминаціи показывали  $12^{\text{ч}} 2^{\text{м}} 30^{\text{с}}$ . Въ такомъ случаѣ мы скажемъ, что въ этотъ моментъ часы были на  $2^{\text{м}} 30^{\text{с}}$  впереди противъ истиннаго времени. Но такъ какъ въ эфемеридахъ мы находимъ, что въ этотъ истинный полдень среднее время равнялось  $12^{\text{ч}} 5^{\text{м}} 7^{\text{с}}$ , то мы можемъ также сказать, что въ разсматриваемый нами моментъ часы отставали на  $2^{\text{м}} 37^{\text{с}}$  отъ средняго времени.

Древніе астрономы, вообще, сравнивали свои часы съ истиннымъ временемъ, и на европейскомъ материкѣ этотъ обычай былъ весьма распространенъ еще въ началѣ XIX столѣтія. Англійскія-же астрономы со времени Брадлея, т. е. съ середины XVIII столѣтія, стали пользоваться при своихъ наблюденияхъ среднимъ временемъ, причемъ и поправку своихъ часовъ они определяли непосредственно относительно средняго времени. Введеніе въ науку средняго времени во всякомъ случаѣ представляетъ большія выгоды, такъ какъ это время измѣняется равномерно, между тѣмъ какъ продолжительность истинныхъ сутокъ, какъ мы видѣли раньше, различна въ различныя времена года. Хотя мы выше сказали, что астрономы въ настоящее время при своихъ наблюденияхъ постоянно пользуются часами, идущими по звѣздному времени, тѣмъ не менѣе и среднее время играетъ въ астрономіи весьма важную роль. Такъ, различныя обращенія планетъ (§§ 84, 85 и 86) выражаются постоянно въ среднемъ времени, точно также суточные движенія планетъ относятся всегда къ среднимъ суткамъ. Наконецъ, всѣ элементы планетныхъ орбитъ, а также различныя величины въ таблицахъ движенія планетъ даются для извѣстныхъ моментовъ, выраженныхъ въ среднемъ времени. Точно также и въ гражданской жизни среднее время употребляется, по крайней мѣрѣ въ большихъ городахъ, уже съ давнихъ поръ. Астрономы на обсерваторіяхъ слѣдятъ за правильностью хода своихъ часовъ, и затѣмъ почти во всѣхъ большихъ городахъ моментъ наступленія средняго полудня отмѣчается какимъ-нибудь особеннымъ образомъ. \* Такъ, напр. жители С-Петербурга узнаютъ о наступленіи средняго полудня по пушечному выстрѣлу, который производится съ Петропавловской крѣпости. \* Итакъ, городскіе жители устанавливаютъ свои часы и распределяютъ свои занятія по среднему времени. Прежде же, когда о среднемъ времени еще не имѣли никакого понятія и когда люди устроивали свою жизнь согласно съ движеніемъ истиннаго солнца, всякій, кто пожелалъ бы заставить свои часы въ точности слѣдовать за этимъ движеніемъ, долженъ былъ бы, изъ-за вѣснаго ея неравномерности, постоянно переставлять стрѣлки часовъ и тѣмъ самымъ въ концѣ концовъ совсемъ испортилъ-бы часы.

Солнечные часы (Глава IV) показываютъ, конечно, истинное время, и потому, если желательно, пользоваться этими часами, определять среднее время, то необходимо знать уравненіе времени для каждаго полудня, чтобы такимъ образомъ можно было вычислять среднее время, соответствующее каждому истинному полудню. Поэтому, нѣрѣдко на циферблатѣ солнечныхъ часовъ помѣщается небольшая табличка, дающая уравненіе времени черезъ

каждые 10 дней. Наконецъ, иногда солнечные часы устраиваютъ такъ, что по положенію конечной точки тѣни, отбрасываемой штифтомъ, можно отсчитывать непосредственно среднее время, соответствующее истинному полудню. На циферблатѣ такихъ часовъ вблизи отъ той линии, съ которой совпадаетъ тѣнь штифта въ полдень, находится кривая линия, по виду своему напоминающая цифру 8. Однако точность показанія такихъ часовъ далеко не удовлетворительная.

§ 99. **Нормальное время.** Когда среднее время было введено въ общественную жизнь, болыпато, казалось, нельзя было и требовать. На дѣлѣ же оказалось не то. Наши средства сообщенія съ теченіемъ времени быстро совершенствовались: въ настоящее время наши желѣзнодорожныя поезда несутся съ удивительной скоростью, и, благодаря этому, тѣ разстоянія, которыя прежде мы считали огромными, теперь представляются намъ незначительными, и мы довольно часто предпринимаемъ путешествія въ страны, весьма удаленныя отъ мѣста нашего жительства.

Если, при этомъ, путешественнику неизвѣстно, что въ одинъ и тотъ-же абсолютный моментъ въ мѣстахъ, имѣющихъ различныя географическія долготы, считаются различныя времена (§ 18), то онъ будетъ крайне изумленъ, когда замѣтитъ, что его часы, при путешествіи на востокъ, все болѣе и болѣе отстаютъ отъ показанія мѣстныхъ часовъ, при путешествіи же на западъ, наоборотъ, уходятъ впередъ и притомъ довольно быстро. Такъ, напр., при переездѣ изъ Вѣны въ Парижъ и Лондонъ, для чего въ настоящее время требуется менѣе  $1\frac{1}{2}$  сутокъ, часы, установленныя по вѣнскому времени, уходятъ противъ мѣстнаго времени впередъ соответственно на  $56^m$  и на  $1^h 5^m$ , напротивъ того, при переездѣ въ Констанцъ, часы отстаютъ на  $52^m$ . Для путешественника это, вообще говоря, не представляетъ никакихъ особенныхъ неудобствъ; кромѣ того, такого рода неудобства ощущаются исключительно во время пути, и какъ только путешественникъ доѣхалъ до мѣста, ему стоить лишь перевести стрѣлки своихъ часовъ такъ, чтобы часы показывали мѣстное время, и все будетъ опять въ порядкѣ. Гораздо болыпая неудобства, которыя нельзя устранить такимъ простымъ способомъ, представляетъ разсмотрѣнное нами обстоятельство для желѣзнодорожныхъ управленій. Если бы время отхода поезда изъ одного города и также время его прибытія въ другой городъ указывалось въ расписаніи всегда по мѣстному времени, то собственно продолжительность переезда не равнялась бы просто разности времени прибытія и отхода поезда; но при движеніи на западъ, къ этой разности слѣдовало бы прибавить, при движеніи же на востокъ — изъ нея надо было бы вычесть разность долготъ обоихъ городовъ. Такъ, напр., имѣя въ виду, что разность долготъ между Вѣной и Мюнхеномъ равна  $19^m$ , мы находимъ, что продолжительность переезда курьерскаго поезда, который выѣзжаетъ изъ Вѣны въ  $9^h 50^m$  вечера и приходитъ въ Мюнхенъ въ  $7^h 20^m$  утра, равняется не  $9^h 30^m$ , но  $9^h 30^m - 19^m$ , т. е.  $9^h 49^m$ ; напротивъ того, продолжительность переезда поезда, который выѣзжаетъ изъ Мюнхена въ  $8^h 10^m$  вечера и приходитъ въ Вѣну въ  $6^h 20^m$  утра, составляетъ  $10^h 10^m - 19^m$ , т. е.  $9^h 51^m$ . Такимъ образомъ, скорость обоихъ поездовъ одна и та же, хотя на первый взглядъ кажется, что первый поездъ движется скорѣе второго. Но само собой разумѣется, что намъ важно знать не кажущуюся, а истинную продолжительность переезда поездовъ; поэтому всегда необходимо принимать во вниманіе не только разность долготъ двухъ городовъ, между которыми поездъ совершаетъ движеніе, но также и направленіе движенія. Чтобы избѣжать этого довольно неприятнаго вычисленія, согласились указывать расписаніе движенія всѣхъ поездовъ, обращающихся въ некоторомъ довольно значительномъ районѣ, по мѣстному времени какого-нибудь болыпого города, лежащаго внутри этого района. Для этой цѣли обыкновенно выбирается главный городъ страны, если только онъ не лежитъ слишкомъ близко къ границѣ этой страны. Такъ, напр., въ Богеміи расписаніе движенія поездовъ составляется по пражскому времени, въ Венгріи — по будапештскому, въ Баваріи — по мюнхенскому, во Франціи — по парижскому и т. д.

Но въ такомъ случаѣ, показанія часовъ на желѣзнодорожныхъ воззалахъ должны отличаться отъ показаній часовъ, идущихъ по мѣстному времени, или, какъ обыкновенно говорятъ, желѣзнодорожное время не совпадаетъ съ мѣстнымъ временемъ, что перѣдко является причиной недоразумѣній, особенно для иностранцевъ. Въ такихъ странахъ, протяженіе которыхъ съ запада на востокъ незначительно, это неудобство устраняется весьма легко, въ особенности, если эти страны занимаютъ изолированное положеніе и потому не находятся въ постоянныхъ сношеніяхъ съ сосѣдними странами. Къ такимъ странамъ относятся Англія, Ирландія и Скандинавскій полуостровъ.

Выше (§ 96) мы видѣли, что разность между истиннымъ и среднимъ временемъ можетъ доходить до четверти часа, но при введеніи средняго времени въ гражданскую жизнь, эта разность остается совершенно незамѣтной, по крайней мѣрѣ, въ большихъ городахъ, гдѣ занятія жителей гораздо менѣе зависятъ отъ времени дня, чѣмъ въ деревнѣ. Подобнымъ же образомъ въ такихъ странахъ, какъ Англія, Ирландія и т. д., можно всюду съ большимъ удобствомъ замѣнить среднее мѣстное время среднимъ временемъ главнаго города, черезъ это сразу уничтожаются всякія недоразумѣнія, и вмѣстѣ съ тѣмъ облегчаются различныя расчеты, подобные выше разсмотрѣннымъ. И на самомъ дѣлѣ, во всей Англіи и Шотландіи уже съ 1848 г. введено среднее гринвичское время, которое во все большіе города Англіи передается непосредственно изъ гринвичской обсерваторіи. Только при перѣздѣ въ Ирландію, мы вступаемъ въ новую область въ которой повсюду принято дублинское среднее время. Введеніе подобной же системы счета времени въ странахъ, имѣющихъ значительное протяженіе съ востока на западъ, уже представляеть, какъ нетрудно понять, большія затрудненія и неудобства; впрочемъ, къ этому вопросу мы еще вернемся вплѣ.

Главный недостатокъ вышеописанной системы счета времени состоитъ въ томъ, что при перѣздѣ черезъ границу двухъ районовъ, въ каждомъ изъ которыхъ считается свое особенное время, измѣненіе времени происходитъ скачкомъ и именно на величину, равную разности долготъ главнѣйшихъ городовъ этихъ районовъ. Такъ, напр., если мы перѣѣдемъ изъ Богеміи, гдѣ повздъ обращается по пражскому времени, въ Баварію, въ которой повсюду принято мюнхенское время, это измѣненіе составляетъ 11 минутъ, при перѣздѣ изъ Италіи во Францію оно достигаетъ уже 41 минуты и т. д.

При продолжительныхъ путешествіяхъ, когда приходится перѣѣзжать черезъ нѣсколько границъ, такія измѣненія скачками случаются весьма часто и перѣдко достигаютъ довольно значительной величины; все это представляеть, конечно, большія неудобства. Эти неудобства дѣлаются особенно чувствительны въ томъ случаѣ, когда одно обширное государство подраздѣляется на отдѣльныя самостоятельныя части. Таковы, напр., Соединенные Штаты Сѣв. Америки, занимающе по долготѣ, отъ берега Атлантическаго океана до берега Тихаго океана, пространство въ  $100^{\circ}$  или приблизительно въ 7 часовъ. При введеніи выше описанной системы счета времени, число различныхъ желѣзнодорожныхъ временъ въ Сѣверныхъ Соединенныхъ Штатахъ постепенно достигло 74. Для избѣжанія сопряженныхъ съ этимъ неудобствъ, начальникъ желѣзнодорожнаго движенія въ Канадѣ Флемингъ предложилъ въ 1879 году раздѣлить поверхность всего земнаго шара меридіанами, отстоящими другъ отъ друга на 15 или на 1 часъ по долготѣ, на 24 сферическиххъ двуугольника, или на 24 такъ называемыхъ зоны, съ тѣмъ, чтобы въ каждой зонѣ повсюду было принято среднее время меридіана, проходящаго черезъ ея середину. Это-то среднее время и представляеть для каждой зоны такъ называемое нормальное время. Въ двухъ мѣстахъ, расположенныхъ въ рядомъ лежащихъ зонахъ близки того меридіана, который разравниваетъ эти зоны, нормальныя времена отличаются другъ отъ друга въ точности на одну часъ. Такъ какъ совершенно безразлично, отъ какого меридіана начать раздѣленіе поверхности всего земнаго шара на такія зоны, то лучше всего выбрать положеніе начальнаго меридіана такъ, чтобы въ первой зонѣ нормальное время совпадало съ среднимъ гринвичскимъ временемъ. Такъ какъ на весьма многихъ картахъ географическія долготы считаются именно

отъ Гринвичскаго меридиана, то, благодаря такому выбору, нормальныя времена будутъ находиться въ весьма простомъ соотношеніи съ географическими долготами.

Эта система счета времени въ 1883 году была принята въ Сѣверной Америкѣ не только на желѣзныхъ дорогахъ, но также и въ общественной жизни.

При этомъ Канада и большая часть Соединенныхъ Штатовъ были раздѣлены на 4 зоны нормальныя времена этихъ зонъ суть не что иное, какъ среднія времена меридиановъ, отстоящихъ къ западу отъ Гринвича соответственно на  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$  и  $120^{\circ}$  или  $5^h$ ,  $6^h$ ,  $7^h$  и  $8^h$ .

Въ Европѣ подобная же система была введена въ концѣ 1888 года въ Австро-Венгрію и Германію, причемъ оба эти государства составили одну зону, и нормальное время этой зоны сдѣлалось извѣстнымъ подъ названіемъ среднеевропейскаго времени \*).

Противъ введенія нормальнаго времени можно сдѣлать только одно возраженіе. Въ странахъ, имѣющихъ большое протяженіе по долготѣ, каковы Германія и Австро-Венгрія, въ мѣстахъ, лежащихъ на границахъ этихъ государствъ, нормальное время значительно отличается отъ мѣстнаго средняго времени. Если бы зона, въ которой повсюду введено среднеевропейское время, простиралась по долготѣ ровно на  $15^{\circ}$ , то на восточной границѣ этой зоны нормальное время отставало бы отъ средняго на 30 минутъ, а на западной первое на столько же опережало бы второе. Принимая во вниманіе уравниеніе времени (§ 96), мы легко убѣждаемся, что разность между нормальнымъ и истиннымъ временами на обычныхъ границахъ этой зоны можетъ доходить до  $\frac{1}{4}$  часа. Но этого еще мало. Границы той зоны, въ которой считается одно и то-же нормальное время, не могутъ въ действительности опредѣляться географическими меридианами, какъ это слѣдовало бы на основаніи теоретическихъ соображеній, а должны, конечно, совпадать съ государственными границами. Такъ, зона среднеевропейскаго времени не простирается отъ 7<sup>30</sup> до 22<sup>30</sup> восточной долготы отъ Гринвича, а заключается въ пределахъ отъ  $6^{\circ}10'$  (Мецъ) до  $26^{\circ}11'$  (Суджава). Поэтому въ первомъ изъ названныхъ мѣстъ нормальное время въ серединѣ февраля опережаетъ мѣстное на 50 минутъ, а во второмъ, въ началѣ ноября отстаетъ отъ него почти на цѣлый часъ. Слѣдовательно, въ этихъ мѣстахъ тотъ моментъ, который мы привыкли считать серединой дня, иначе говоря — полдень, отличается отъ истинной середины дня въ одномъ случаѣ на 50 минутъ, въ другомъ случаѣ на цѣлый часъ, а вѣдучиве этого получается несимметричное распредѣленіе утреннихъ и вечернихъ часовъ дня. Все это представляетъ нѣкоторыя, правда небольшія, неудобства въ общественной жизни.

## ГЛАВА X.

### Лунныя и солнечныя затмѣнія.

§ 100. **Лунныя затмѣнія.** Такъ какъ земной шаръ есть глыбо темное, получающее свѣтъ отъ солнца, то онъ постоянно отбрасываетъ глыбо въ сторону, противоположную солнцу. Глыбо эта имѣетъ форму конуса, основаніемъ которому служитъ лежащая на поверхности земли окружность большого круга высота этого конуса, или, иначе говоря, длина его оси въ  $3\frac{1}{2}$  раза больше разстоянія отъ луны до земли и, слѣдовательно, составляетъ 216 земныхъ радиусовъ или 1 378 000 километровъ. Если мы проведемъ приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ орбита луны проходитъ черезъ этотъ конусъ, плоскость, перпендикулярную къ его оси, то эта плоскость пересѣчется съ поверхностью конуса по окружности круга, діаметръ котораго равенъ круглымъ числомъ  $2\frac{1}{2}$  луннымъ діаметрамъ или 9200 километрамъ.

Пусть точка *S* представляетъ центръ солнца, точка *T* — центръ земли и точки *a*, *b*, *c* три положенія луны на ея орбитѣ *mn* (рис. 61). Проведемъ линіи *ShE* и *GgE* такъ,

\*) Теоретическое среднеевропейское время принято въ Италіи, Швейцаріи, Давин, Швеции, Норвегіи, Босніи, Сербіи и Западной Турціи.

чтобы онъ касались и солнца, и земли по одну и ту же сторону отъ лини  $TS$ , соединяющей центры этихъ двухъ тѣлъ. Въ такомъ случаѣ  $gEh$  представляетъ конусъ полной тѣни, отбрасываемой землей въ сторону, противоположную солнцу. Въ пространство, занимаемое этимъ конусомъ, не попадаетъ ни одинъ солнечный лучъ, вѣдствие чего оно остается совершенно темнымъ. Проведемъ далѣе лини  $Hgn$  и  $Ghm$ , такъ чтобы онѣ касались солнца и земли и вмѣстѣ съ тѣмъ пересѣкали лини  $TS$ , соединяющую центры этихъ тѣлъ. Эти касательныя ограничиваютъ конусъ полутѣни, т. е. такое пространство, въ которое попадаетъ свѣтъ отъ некоторыхъ точекъ солнца. Слѣдовательно, если луна на своемъ пути около земли приходитъ въ точку  $m$  и изъ этой послѣдней перемѣщается далѣе по на-

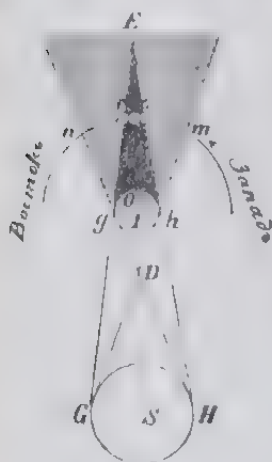


Рис 61

правленію къ точкѣ  $n$ , то она, по мѣрѣ своего перемѣщенія, освѣщается все меньшимъ и меньшимъ числомъ точекъ солнечной поверхности и, наконецъ, достигнувъ положенія  $a$ , начинаетъ постепенно погружаться въ конусъ полной тѣни, вѣдствие чего всѣ части луны, послѣдовательно одна за другой, начиная съ восточнаго ея края, совершенно перестаютъ получать свѣтъ отъ солнца и, слѣдовательно, дѣлаются совсемъ темными. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока на другой сторонѣ, въ точкѣ  $c$ , сначала восточный край луны, а затѣмъ постепенно и вся луна не выступитъ изъ конуса полной тѣни. Послѣ этого луна начинаетъ получать свѣтъ все отъ большаго и большаго числа точекъ солнечной поверхности, и, наконецъ, въ точкѣ  $n$  освѣщеніе ея снова дѣлается полнымъ.

Пока луна движется въ конусѣ полутѣни отъ  $m$  къ  $a$  или отъ  $c$  къ  $n$ , она все время освѣщается солнцемъ, но это освѣщеніе тѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе находится луна къ точкамъ  $a$  и  $c$ . Поэтому, какъ до вступленія въ конусъ полной тѣни, такъ и по выходѣ изъ него, луна представляется наблюдателю какъ бы подернутой туманомъ, границы котораго во всякомъ случаѣ весьма неопредѣленны и размыты. Вѣдствие этого, при затмѣніяхъ луны наблюдаются только два момента, именно моментъ ея вступленія въ конусъ полной тѣни и моментъ выхода изъ него; моменты же, когда луна вступаетъ въ конусъ полутѣни и выходитъ изъ него, въ афемеридяхъ и календаряхъ совѣтъ не указываются. Впрочемъ, и первые два момента также не могутъ быть наблюдаемы съ большою точностью, такъ какъ въ конусѣ полутѣни темнота постепенно ступается по мѣрѣ приближенія къ конусу полной тѣни, и потому трудно съ полною увѣренностью распознать границу между тѣнью и полутѣнью. Поэтому наблюдатель за край полной тѣни считаетъ обыкновенно не линію пересѣченія лунной поверхности съ конусомъ полной тѣни, а нѣкоторую другую кривую линію, находящуюся ближе къ краю луны, вѣдствие чего вступленіе луны въ полную тѣнь онъ замѣчаетъ раньше, чѣмъ слѣдуетъ, а выступленіе ея изъ полной тѣни позже. Слѣдствіемъ этого является видимое увеличеніе діаметра упомянутаго выше круговаго сѣченія конуса тѣни; это увеличеніе составляетъ, по изслѣдованіямъ Гартмана, круглымъ числомъ  $49''$  или, точнѣе,  $\frac{1}{70}$ -ю часть луннаго параллакса. Но также и при совершенномъ погруженіи луны въ конусъ полной тѣни, она все-же нѣрѣдко представляется наблюдателю, особенно въ зрительную трубу, свѣтлѣеишей слабымъ, но большей части красноватымъ или мѣдинокраснымъ свѣтомъ. Это обстоятельство объясняется преломленіемъ солнечныхъ лучей въ земной атмосферѣ, которая, къ тому-же, сильнѣе поглощаетъ фиолетовые лучи, чѣмъ красные.

Если бы плоскость лунной орбиты совпадала съ плоскостью эклиптики, то луна вступала бы въ конусъ полной тѣни, отбрасываемой землей, во время каждаго полнолунія, т. е.



всякій разъ, какъ она занимаетъ на небесной сферѣ положеніе, прямо противоположное солнцу (часть II, глава XI), и мы каждый мѣсяць могли бы любоваться картиной луннаго затмѣнія. Но такъ какъ уголъ, образуемый обѣими вышеупомянутыми плоскостями, равенъ  $5^\circ$ , то луна большою частью проходитъ выше или ниже конуса полной тѣни, со-  
сѣбѣ не касаясь его,

и затмѣніе можетъ произойти только тогда, когда луна во время полнолунія отстоитъ отъ одного изъ своихъ узловъ не болѣе, какъ на  $12^\circ$ , что случается круглымъ числомъ 154 раза въ столѣтіе. Если при этомъ луна проходитъ черезъ конусъ тѣни вблизи его оси *TE*, то весь ея дискъ погружается въ этотъ конусъ, и мы наблюдаемъ полное затмѣніе луны (рис. 62).

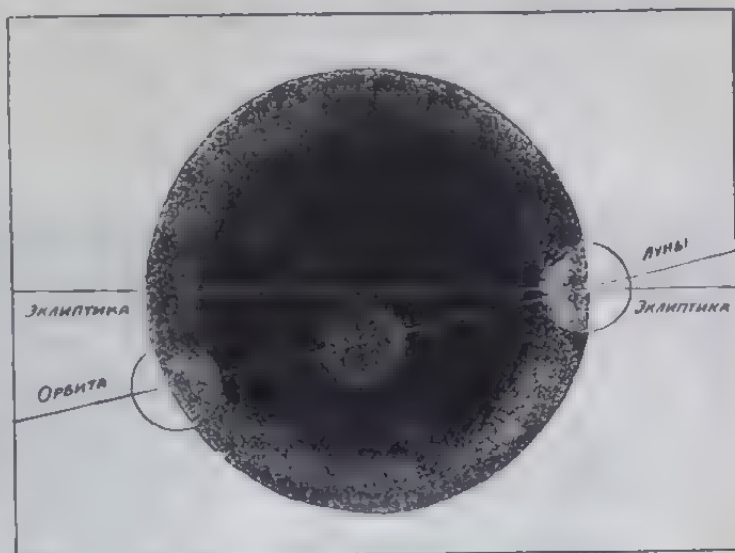


Рис. 62.

Если же она проходитъ только черезъ сѣверную или южную часть конуса тѣни, то въ первомъ случаѣ затемняется только сѣверный, а во второмъ только южный край луны. и такое затмѣніе называется частнымъ (рис. 63).

Величина луннаго затмѣнія или такъ называемая его наибольшая фаза прежде выражалась въ двѣнадцатыхъ доляхъ луннаго діаметра, которыя носили названіе дюймовъ.

Такъ, если во время затмѣнія край полной тѣни достигалъ центра луны, то говорили, что величина такого затмѣнія равнялась 6 дюймамъ. Точно также величина полного затмѣнія считалась равной 12 дюймамъ. Выше мы видѣли, что діаметръ круговаго сѣченія, проведеннаго перпендику-

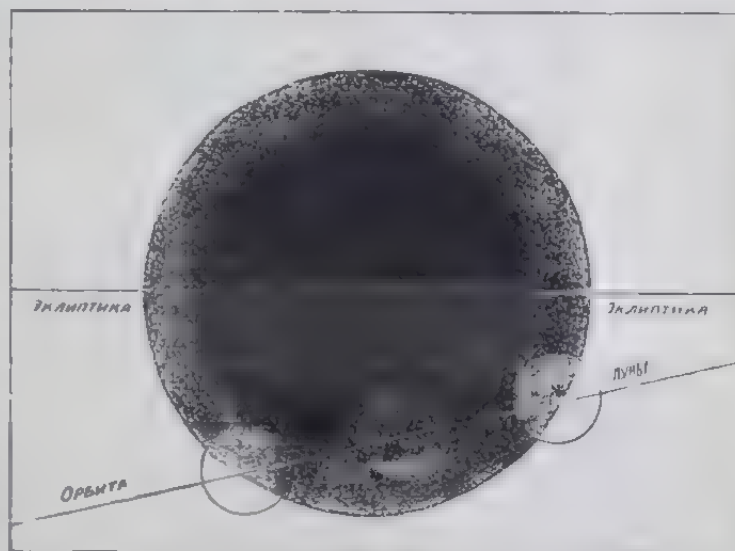


Рис. 63.

лярно къ оси конуса полной тѣни приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ лунная орбита пересѣкаетъ этотъ конусъ, почти въ три раза болѣе діаметра луны. Отсюда ясно, что во время полного затмѣнія луна можетъ погружаться въ конусъ тѣни на различную глубину

Поэтому, чтобы указать величину полного лунного затмения, обыкновенно къ вышеупомянутымъ 12 дюймамъ прибавляли еще выраженное въ тѣхъ-же самыхъ дюймахъ расстояние отъ края луны до ближайшаго края полной тѣни для середины затмения, расстояние, считаемое по перпендикуляру къ той линии, по которой движется центръ луны. Такимъ образомъ наибольшая величина полного луннаго затмения могла доходить до 23 дюймовъ.

Въ новѣйшее время для обозначенія величины луннаго затмения употребляется другой болѣе цѣлесообразный способъ; именно, теперь въ эфемеридахъ указывается непосредственно, какая часть луннаго диаметра погружается во время затмения въ конусъ полной тѣни. Такимъ образомъ, величина затмения, которая, при прежнемъ обозначеніи, равнялась 6 дюймамъ, теперь представляется числомъ 0.5. Величина полного затмения выражается по по-

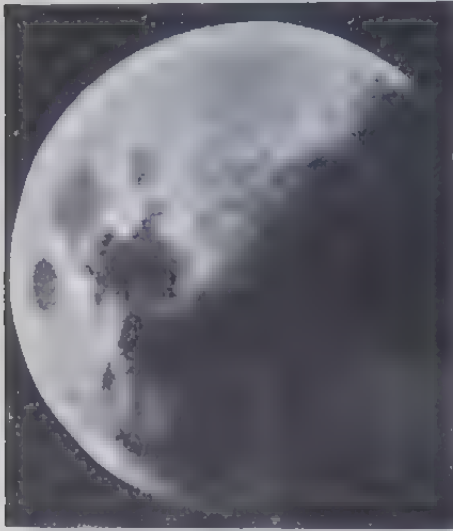


Рис. 64а.



Рис. 64б.

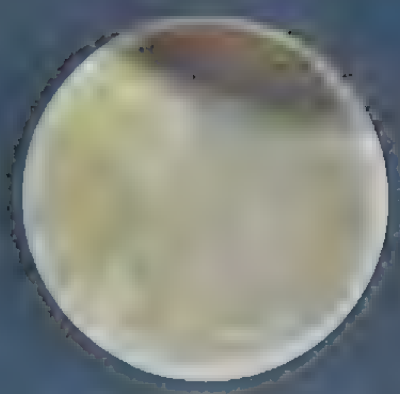
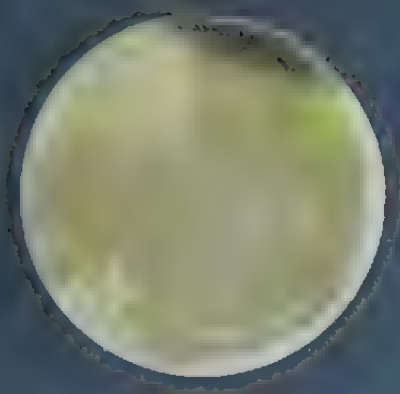
тому способу числомъ 1.0. Наконецъ, чтобы указать, на какую глубину погружается луна во время полного затмения въ конусъ тѣни, къ числу 1.0 прибавляютъ, какъ и раньше, расстояние отъ края луны до ближайшаго края полной тѣни, но только теперь это расстояние выражается въ десятияхъ луннаго диаметра.

★ Рисунки 64 представляютъ фотографію, снятую Бруксомъ въ Америкѣ съ луны во время полного затмения, бывшаго 3-го сентября 1895 года. Левый снимокъ сдѣланъ до наступленія полной фазы, а правый послѣ полной фазы. На прилагаемой цвѣтной таблицѣ изображены различныя фазы частнаго затмения луны, бывшаго мѣсто 3 августа 1887 г. Эта таблица представляетъ копию съ рисунка, сдѣланнаго съ натуры проф. Вейнекомъ. ★

Въ ближайшемъ будущемъ произойдутъ слѣдующія 8 полныхъ лунныхъ затмений:

22 апрѣля	1902 года,	видимое главнымъ образомъ въ Азіи,
10 октября	1902	» » » » » Центральной Америкѣ,
9 февраля	1906	» » » » » Центральной Америкѣ,
4 августа	1906	» » » » » Австраліи,
4 юня	1909	» » » » » южной Америкѣ и Африкѣ,
27 ноября	1909	» » » » » сѣверной Америкѣ,
24 мая	1910	» » » » » южной Америкѣ,
17 ноября	1910	» » » » » Европѣ и Африкѣ.

Самыя въ нѣхъ замѣчательныя до нынѣ наблюденія затмения луны по указанию Птолемея были произведены вавилонянами въ Вавилонѣ и относятся къ 719 и 720 годамъ до Р. Хр.



Ч А С Т Н О Е З А Т М Ъ Н И Е Л У Н Ы  
3 А в г у с т а 1837 г о д а

§ 101. **Предвычисленіе луннаго затмѣнія.** Чтобы дать нашимъ читателямъ понятіе о томъ, какъ предвычисляется лунное затмѣніе, мы прежде всего замѣтимъ, что въ астрономическихъ календаряхъ или въ такъ называемыхъ эфемеридахъ даются какъ для солнца, такъ и для луны долгота, широта, видимый радіусъ и параллаксъ и, кромѣ того, часовыя измѣненія всѣхъ этихъ величинъ. Положимъ, что разность часовыхъ движеній луны и солнца по долготѣ составляетъ  $30'$ , а по широтѣ  $9'$ . Разсматривая эти величины какъ катеты прямоугольнаго треугольника, мы находимъ, что его гипотенуза равна  $31.3'$ . Эта гипотенуза представляетъ часовое движеніе луны относительно солнца или, что то-же, относительно конуса тѣни, отбрасываемой землей въ сторону, противоположную солнцу. Вычислимъ, далѣе, уголъ, заключенный между гипотенузой и меньшимъ катетомъ. Тангенсъ этого угла равенъ  $30.9$ ; следовательно, самый уголъ равняется  $73^{\circ}18'$ . Легко понять, что подъ такимъ угломъ наклонено направление относительнаго движенія луны къ кругу широты.

Пусть  $S$  представляетъ, какъ и раньше, центръ солнца и  $T$  центръ земли (рис. 65). Радіусъ  $ba$  круговаго сѣченія конуса тѣни въ томъ мѣстѣ, гдѣ луна проходитъ черезъ этотъ конусъ, усматривается изъ центра земли подъ угломъ  $bTa$ . Но уголъ  $Tah$  есть горизонтальный параллаксъ луны, уголъ  $THh$  — горизонтальный параллаксъ солнца и наконецъ уголъ  $STH$  — видимый радіусъ солнца. Такъ какъ, далѣе, известно, что сумма всѣхъ угловъ во всякомъ прямолинейномъ треугольникѣ составляетъ  $180^{\circ}$ , то въ треугольникѣ  $aTH$  уголъ  $aTH$ , очевидно, равенъ  $180^{\circ}$  безъ суммы горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца. Съ другой стороны, сумма трехъ угловъ  $STH$ ,  $HTa$  и  $aTb$  равна двумъ прямымъ угламъ или  $180^{\circ}$ . Поэтому уголъ  $bTa$ , подъ которымъ изъ центра земли усматривается радіусъ круговаго сѣченія конуса тѣни, окончательно равенъ суммѣ горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца безъ видимаго радіуса солнца.

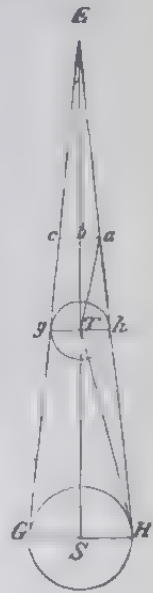


Рис. 65.

Обратимся теперь къ рис. 66. На этомъ рисункѣ  $T$  есть центръ круговаго сѣченія  $GEN$  конуса тѣни, а  $GTH$  представляетъ эклиптику. Въ радіусѣ  $TG = TE$  круга  $GEN$  заключается, при произвольномъ масштабѣ, столько единицъ длины, сколько минутъ дуги заключается въ уголъ  $bTa$  (рис. 65), который равенъ суммѣ горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца безъ видимаго радіуса этого послѣдняго. Проведемъ далѣе, перпендикуляръ  $TO$  (рис. 66) къ линіи  $HG$  и отложимъ на немъ, подобно предыдущему и въ томъ-же самомъ масштабѣ, длину  $TO$ , пропорціональную широтѣ луны въ моментъ полнолунія. Если мы построимъ, наконецъ, при точкѣ  $O$  уголъ  $ТОК$ , равный  $73^{\circ}18'$ , то линія  $КМВ$  и представить видимый путь центра луны.

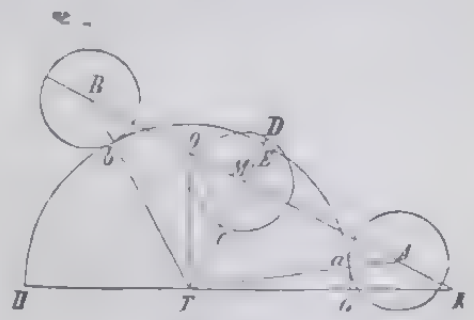


Рис. 66.

Опустимъ изъ точки  $T$  перпендикуляръ  $TM$  на эту линію  $КМВ$ ; черезъ это у насъ получается прямоугольный треугольникъ  $ТОМ$ , въ которомъ, кромѣ прямого угла при  $M$ , известны еще сторона  $ТО$  и уголъ при  $O$ . Следовательно, по изложенному въ § 23 способу или по правиламъ тригонометріи мы можемъ найти стороны  $TM$  и  $OM$ . Такъ какъ часовое движеніе луны составляетъ  $31.3'$ , то дробь  $OM$  31,3 выражаетъ тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго луна проходитъ часть  $OM$

своей орбиты. Конечная точка  $M$  этой части представляет, очевидно, положение центра луны для середины затмения, так как из всех точек лунного пути  $KB$  эта точка  $M$  лежит ближе всего к центру  $T$  кругового сечения конуса тѣни, и, следовательно, въ этой точкѣ должна имѣть мѣсто наибольшая фаза затмения. Такъ какъ тотъ моментъ, когда луна находится въ точкѣ  $O$ , или, иначе говоря, моментъ полнолунія намъ извѣстенъ, то, прибавляя къ нему съ соответственнымъ знакомъ только что опредѣленный промежутокъ времени, употребляемый луной для прохождения части  $OM$  своего пути, мы тотчасъ-же получимъ моментъ середины затмения.

Далѣе, намъ необходимо опредѣлить моменты начала и конца затмения. Для этого замѣтимъ, что въ началѣ и въ концѣ затмения центръ луны занимаетъ такія два положенія  $A$  и  $B$ , въ которыхъ край луны касается края кругового сечения конуса тѣни. Следовательно, каждая изъ линій  $TA$  и  $TB$  равна суммѣ радиусовъ луны и кругового сечения конуса тѣни. Поэтому, въ прямоугольномъ треугольникѣ  $TMA$  намъ извѣстны гипотенуза  $TA$  и, по предыдущему, катетъ  $TM$ ; по этимъ даннымъ мы можемъ найти и другой катетъ  $MA$ , равный, между прочимъ, также длинѣ  $MB$ . Дробь  $\frac{MA}{31.3}$ , очевидно, выражаетъ, подобно предыдущему, промежутокъ времени, отдѣляющій середину затмения какъ отъ его начала, такъ и отъ конца. А такъ какъ моментъ середины затмения намъ извѣстенъ, то, такимъ образомъ, легко опредѣляются также моменты начала и конца затмения.

Величина  $CE$  наибольшей фазы затмения вычисляется также весьма легко. Изъ рисунка 66 мы видимъ, что  $CE = TE - TC$  или  $CE = TE - CM - TM$ . Следовательно, величина  $CE$  равна суммѣ радиусовъ луны и кругового сечения конуса тѣни безъ найденной выше величины  $TM$ .

Изъ предыдущаго ясно, что предвычисленіе луннаго затмения не представляетъ никакого затрудненія, и что для этого необходимо знатъ лишь основныя правила плоской тригонометрии.

Чтобы узнать, въ какихъ мѣстахъ земной поверхности данное затмѣніе луны можетъ быть видимо, необходимо имѣть въ виду, что лунное затмѣніе можетъ быть наблюдаемо во всехъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ луна въ это время находится надъ горизонтомъ. Следовательно, задача сводится къ отысканію тѣхъ мѣстъ, гдѣ во время затмения луна находится надъ горизонтомъ, что выполняется при помощи нетрудныхъ вычисленій; впрочемъ, та-же задача можетъ быть рѣшена болѣе просто и понятно, если мы воспользуемся для этой цѣли земнымъ глобусомъ (Глава XII).

Этотъ второй способъ рѣшенія задачи мы пояснимъ на примѣрѣ. Для этого положимъ, что начало и конецъ затмения, на основаніи вычисленія, должны произойти соответственно въ 6<sup>ч</sup> и 10<sup>ч</sup> вечера средняго вѣснаго времени, и что сѣверное склоненіе луны во время затмения равно 20°. Установимъ земной глобусъ такъ, чтобы высота его сѣвернаго полюса  $N$  надъ горизонтомъ  $HR$  (рис. 73, стр. 164) составляла 20°, при такомъ положеніи глобуса, земная параллель, географическая широта которой равна 20°, проходитъ черезъ высшую точку глобуса. Затѣмъ будемъ вращать глобусъ до тѣхъ поръ, пока Вѣна не придетъ въ плоскость мѣднаго круга, представляющаго меридіанъ, оставаясь въ то же время надъ горизонтомъ  $HR$ , и поставимъ указатель раздѣленнаго круга  $ab$  на 12<sup>ч</sup>. Затѣмъ повернемъ глобусъ около оси  $NN'$  съ запада на востокъ на 6 часовъ. Тогда съ высшей точкой глобуса совпадетъ та точка земнаго шара, для которой луна въ началѣ затмения будетъ находиться въ зенитѣ; въ нашемъ частномъ случаѣ это будетъ Кохинхина. Во всехъ мѣстахъ, лежащихъ на глобусѣ въ плоскости мѣднаго круга, изображающаго меридіанъ (въ нашемъ случаѣ въ Иркутскѣ, на островѣ Явѣ, на западномъ берегу Новой Голландіи), затмѣніе луны начнется въ полночь по мѣстному времени. Во всехъ мѣстахъ, лежащихъ на западной половинѣ горизонта (въ нашемъ случаѣ въ Испаніи, на мысѣ

Доброй Надежды), начало затмѣнія совпадаетъ съ моментомъ захода солнца; въ тѣхъ же мѣстахъ, которыя лежатъ на восточной половинѣ горизонта (въ нашемъ случаѣ — на Гандвичевыхъ островахъ, въ Новой Зеланди), затмѣние начнется въ моментъ восхода солнца или, что то-же самое, въ моментъ захода луны. Вообще для всѣхъ жителей той половины земного шара, которая, при разсматриваемомъ положеніи глобуса, находится надъ плоскостью кольца  $HR$ , луна будетъ находиться надъ горизонтомъ и, слѣдовательно, начало затмѣнія будетъ видимо, между тѣмъ какъ въ мѣстахъ, лежащихъ на другой половинѣ земного шара, начало затмѣнія видимо не будетъ. Повернемъ, затѣмъ нашъ глобусъ около оси еще на  $4^{\circ}$  опять съ запада на востокъ, такъ чтобы указатель раздѣленного круга  $ab$  остановился противъ  $10^{\circ}$ . Жители всѣхъ мѣстъ, лежащихъ, при этомъ второмъ положеніи глобуса, надъ горизонтомъ  $HR$ , будутъ видѣть коонецъ затмѣнія; въ мѣстахъ, лежащихъ въ плоскости мѣсячнаго кольца, которое изображаетъ меридианъ (въ нашемъ случаѣ въ Архангельскѣ, въ Тетеревѣ, на восточной оконечности Африки), затмѣние окончится въ полночь по мѣстному времени и т. д. Въ тѣхъ мѣстахъ, которыя при первомъ положеніи глобуса находились надъ горизонтомъ  $HR$ , а при второмъ подъ горизонтомъ, начало затмѣнія будетъ видимо, а коонецъ нѣтъ. Жители же тѣхъ мѣстъ, которыя, напротивъ того, при первомъ положеніи глобуса находились подъ горизонтомъ, а при второмъ надъ горизонтомъ, увидятъ только коонецъ затмѣнія. Наконецъ, въ тѣхъ мѣстахъ, которыя при обоихъ положеніяхъ глобуса находились или надъ, или подъ горизонтомъ, затмѣние соответственно или будетъ видимо все, отъ начала до конца, или совсѣмъ не будетъ видимо. Если мы при обоихъ положеніяхъ глобуса проведемъ мѣломъ на его поверхности окружности большаго круга, представляющія сѣченія горизонта  $HR$  съ поверхностью глобуса, то эти окружности, взаимно пересѣкаясь, раздѣлятъ поверхность глобуса на четыре части и, такимъ образомъ, отдѣлятъ другъ отъ друга мѣста, принадлежащія къ четыремъ выше разсмотрѣннымъ категориямъ.

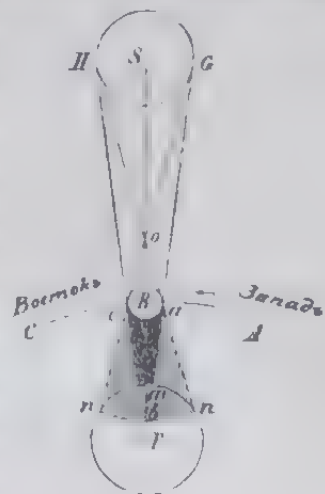


Рис. 67.

**102. Солнечныя затмѣнія.** Намъ часто приходится наблюдать, какъ тѣнь отъ облака, подгоняемаго вѣтромъ, пробѣгаетъ по землѣ и, достигая того мѣста, гдѣ мы находимся, скрываетъ отъ насъ солнце, между тѣмъ какъ другія мѣста, находящіяся вѣн этой тѣни, остаются освѣщенными солнцемъ. Этотъ примѣръ даетъ намъ вѣрное изображеніе замѣчательнаго явленія, представляемаго нерѣдко луной во время новолунія. Въ это время луна находится въ той-же самой части небесной сферы, какъ и солнце, и если только геоцентрической, т. е. видимый съ земли путь луны проходитъ достаточно близко отъ солнца, то она скрываетъ это послѣднее отъ жителей всѣхъ тѣхъ мѣстъ земной поверхности, которыя лежатъ на прямой линіи, соединяющей центры солнца и луны, или недалеко отъ этой линіи. Это явленіе и называется **солнечнымъ затмѣніемъ**.

Лунныя затмѣнія, какъ мы видѣли, происходятъ во время полнолуній, т. е. тогда, когда земля находится между солнцемъ и луной, солнечныя же затмѣнія, напротивъ того, случаются во время новолуній, т. е. тогда, когда луна расположена между солнцемъ и землей. Пусть  $T$ ,  $B$  и  $S$  представляютъ центры земли, луны и солнца во время новолунія (рис 67). Проведемъ линіи  $Ga$  и  $He$  такъ, чтобы онѣ касались какъ солнца такъ и луны по одну и ту же сторону отъ линіи  $SB$ , соединяющей центры этихъ тѣлъ. Черезъ это получается конусъ  $atve$  полной тѣни, образуемагой луной въ сторону земли вершиною этого конуса, если бы онъ могъ проникнуть внутрь земли, находи-

зась бы въ точкѣ  $b$ . Проведемъ еще линіи  $Ии$  и  $Гг'$ , такъ чтобы онѣ касались солнца и луны и вмѣстѣ съ тѣмъ пересѣкали линію  $SB$ , проходящую черезъ центры этихъ тѣлъ. Черезъ это получается конусъ полутѣни  $аспн'$ , вершина котораго лежитъ въ точкѣ  $о$ , между луной и солнцемъ.

Наблюдателю  $m$ , находящемуся въ серединѣ полвой тѣни, т. е. на оси  $ВbT$  конуса  $атс$ , кажется, что солнце совершенно покрыто луной. Наблюдатель  $n$ , находящійся на западной границѣ полутѣни, въ тогъ-же самый моментъ видитъ лишь соприкосновение восточнаго края солнца съ западнымъ краемъ луны. Для наблюдателя въ  $n'$  въ это-же самое время имѣеть мѣсто соприкосновение западнаго края солнца съ восточнымъ краемъ луны. Жителямъ мѣсть, расположенныхъ между  $m$  и  $n$ , кажется, что луна покрываетъ восточный край  $И$  солнца и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ точкѣ  $m$  находится данное мѣсто. Подобнымъ же образомъ, жителямъ мѣсть, лежащихъ между  $m$  и  $n$ , кажется, что луна покрываетъ западный край  $Г$  солнца и притомъ опять-таки тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ  $m$  находится данное мѣсто. Наконецъ, по другую сторону отъ дуги  $nn'$  лежатъ такіе мѣста, для которыхъ въ этотъ моментъ солнечное затмѣніе совсѣмъ не имѣеть мѣста. Изъ этого мы видимъ, что солнечное затмѣніе, въ противоположность лунному, не наблюдается сразу во всѣхъ точкахъ земнаго шара, въ которыхъ оно вообще можетъ быть видимо, а въ различныхъ точкахъ происходитъ въ различные моменты, и, кромѣ того, наибольшая фаза затмѣнія въ различныхъ мѣстахъ достигаетъ различной величины. Это объясняется параллакомъ луны (§ 40), вслѣдствіе котораго наблюдатели, находящіеся въ различныхъ пунктахъ земнаго шара, видятъ луну въ различныхъ точкахъ небесной сферы. При лунномъ затмѣніи жители всѣхъ мѣсть, надъ горизонтомъ которыхъ находится луна во время затмѣнія, видятъ это послѣднее въ одинъ и тотъ же моментъ и въ одной и той-же фазѣ, такъ какъ въ этомъ случаѣ луна, вступая въ конусъ тѣни, отбрасываемой землей, на самомъ дѣлѣ лишается своего свѣта. При затмѣніи же солнца свѣтъ этого послѣдняго лишь заслоняется луною и притомъ для жителей только тѣхъ мѣсть, которыя лежатъ весьма близко къ линіи, соединяющей центры солнца и луны, между тѣмъ какъ во всѣхъ другихъ пунктахъ земной поверхности затмѣніе или совсѣмъ не наблюдается или имѣеть другую фазу. Отсюда ясно, что предвычисленіе солнечнаго затмѣнія представляетъ гораздо большія трудности, чѣмъ предвычисленіе луннаго затмѣнія, такъ какъ въ первомъ случаѣ необходимо принимать во вниманіе положеніе наблюдателя.

Конусъ тѣни  $атс$  (рис. 67) и окружающій его конусъ полутѣни  $аспн'$  пересѣкаются съ поверхностью земнаго шара по окружностямъ круговъ. Пространства, ограничиваемыя этими окружностями, и представляютъ тѣнь и полутѣнь, отбрасываемыя луною на землю и перемѣняющіяся во время затмѣнія по поверхности этой послѣдней. Только жители странъ, лежащихъ на пути тѣни и полутѣни, видятъ солнечное затмѣніе послѣдовательно, одни за другими, для всѣхъ же остальныхъ жителей оно остается невидимымъ.

Если луна  $B$  во время новолунія находится на такомъ разстояніи отъ земли, что вершина  $b$  конуса тѣни лишь касается земли, то окружность, по которой этотъ конусъ долженъ пересѣкаться съ поверхностью земнаго шара, обращается въ точку, и только для жителей мѣсть, лежащихъ на пути этой точки, затмѣніе представляется еще полнымъ, но при этомъ продолжительность наибольшей фазы равняется всего одному мгновенію. Если же луна отстоитъ отъ земли еще дальше, то вершина  $b$  конуса тѣни совсѣмъ не достигаетъ поверхности земли, а лежитъ между землей и солнцемъ, и въ такомъ случаѣ затмѣніе ни для какого пункта земнаго шара не можетъ быть полнымъ. Но зато въ этомъ случаѣ жители тѣхъ мѣсть, которыя находятся на продолженіи оси  $Вm$  конуса тѣни, будутъ наблюдать такъ называемыя кольцеобразныя затмѣнія. При кольцеобразномъ затмѣніи луна, которая кажется меньше солнца, покрываетъ это послѣднее такъ, что центры обоихъ тѣлъ или вполнѣ, или почти совпадаютъ кругомъ же луны остается непокрытой еще нѣ-

которая часть солнца, имѣющая форму свѣтлаго кольца. Ширина этого кольца можетъ доходить до  $1\frac{1}{2}$  минутъ.

Луна движется по своей орбитѣ, какъ извѣстно, съ запада на востокъ, т. е. отъ *A* къ *B* (рис. 68). Въ томъ-же самомъ направленіи совершаетъ свое суточное вращеніе около оси земля *T*. Поэтому, если луна достигаетъ точки *A* своей орбиты, то восточный край полутѣни касается западнаго края земли въ точкѣ *g*. Жители мѣстъ, лежащихъ около точки *g*, увидятъ, слѣдовательно, солнечное затмѣніе первыми. Начинается затмѣніе, для всей земли вообще, съ западнаго края солнца и притомъ, какъ видно изъ рис. 68, въ тотъ моментъ, когда солнце восходитъ въ точкѣ *g* земной поверхности. Въ то время какъ луна приходитъ, въ концѣ затмѣнія, въ точку *C* своего пути, западный край полутѣни касается восточнаго края земли въ точкѣ *h*, и жители мѣстъ, находящихся вблизи этой точки, видятъ затмѣніе послѣдними т. е. тогда, когда во всѣхъ другихъ мѣстахъ оно уже кончилось. Кончается солнечное затмѣніе, для всей земли вообще, на восточномъ краѣ солнца и притомъ въ тотъ моментъ, когда солнце заходитъ въ точкѣ *h* земнаго шара. Такъ какъ лунная тѣнь перемѣщается по поверхности земли съ запада на востокъ, то въ мѣстахъ, лежащихъ къ западу отъ какаго-нибудь опредѣленнаго пункта, солнечное затмѣніе наблюдается раньше, чѣмъ въ мѣстахъ, лежащихъ къ востоку.

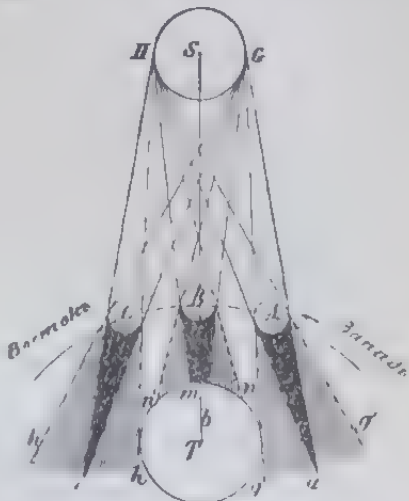


Рис. 68.

При кольцеобразныхъ и полныхъ солнечныхъ затмѣніяхъ ось *SBb* конуса тѣни, проходящая всегда черезъ центры солнца и луны, встрѣчаетъ поверхность земли. Слѣдовательно, наблюдателямъ, находящимся въ тѣхъ точкахъ, въ которыхъ земная поверхность пересѣкается съ этою осью, должно казаться, что во время затмѣнія центръ луны въ точности покрываетъ центръ солнца. Поэтому, такія затмѣнія называются иначе центральными. Если же ось *SBb* конуса тѣни минуетъ тѣло земли, но въ то-же время конусъ полутѣни все-таки захватываетъ ее, то ни въ какомъ мѣстѣ земнаго шара затмѣніе не можетъ быть ни полнымъ, ни кольцеобразнымъ: въ этомъ случаѣ луна закрываетъ только часть солнечнаго диска, и такое затмѣніе называется частнымъ. Впрочемъ слѣдуетъ замѣтить, что діаметръ окружности, по которой конусъ полной тѣни пересѣкается съ поверхностью земли, едва достигаетъ 300 километровъ, и потому даже во время полного солнечнаго затмѣнія полная фаза наблюдается лишь съ весьма узкой полосы земной поверхности, между тѣмъ какъ для всѣхъ другихъ мѣстъ, въ которыхъ затмѣніе вообще можетъ быть видимо, оно будетъ только частнымъ.

Величина наибольшей фазы прежде выражалась, какъ и для лунныхъ затмѣній, въ дюймахъ, причемъ діаметръ солнечнаго диска считался равнымъ 12 дюймамъ. Въ настоящее время величина наибольшей фазы выражается въ доляхъ солнечнаго діаметра.

Солнечныя затмѣнія, для земли вообще, случаются чаще, чѣмъ лунныя. Именно, въ теченіе періода, равнаго 6585 суткамъ или 18 годамъ и 11 суткамъ и называемаго саросомъ, происходятъ 42 солнечныхъ и 29 лунныхъ затмѣній. Это объясняется тѣмъ, что солнечныя затмѣнія возможны при большемъ удаленіи луны отъ плоскости эклиптики, чѣмъ лунныя.

Для того, чтобы солнечное затмѣніе могло произойти, угловое разстояніе луны отъ одного изъ узловъ ея орбиты не должно быть больше  $18^\circ$ ; между тѣмъ какъ для возмож-



ности луннаго затмѣнія предѣлъ этого разстоянія составляетъ только  $12^\circ$  (§ 100). Для всякаго же даннаго мѣста земнаго шара, напр., для Берлина или для Вѣны, число видимыхъ въ этомъ мѣстѣ солнечныхъ затмѣній почти въ три раза меньше числа лунныхъ затмѣній; именно, въ каждомъ данномъ мѣстѣ въ среднемъ можетъ быть одно частное затмѣние солнца въ теченіе двухъ лѣтъ. Наконецъ, полное или кольцообразное затмѣние въ каждомъ данномъ мѣстѣ случается въ среднемъ только одинъ разъ въ 200 лѣтъ.

Это происходитъ оттого, что полное или кольцообразное затмѣние можетъ быть наблюдаемо, какъ мы выше видѣли, лишь съ весьма узкой полосы земной поверхности.

Въ ближайшемъ будущемъ произойдутъ 7 полныхъ солнечныхъ затмѣній. Изъ нихъ для двухъ (21 сентября 1903 года и 5 мая 1910 года) полоса полной фазы пройдетъ только черезъ антарктическія страны; остальные же пять приведены въ нижеслѣдующей табличкѣ, причѣмъ въ послѣднемъ столбцѣ дана наибольшая продолжительность полной фазы для тѣхъ мѣстъ, гдѣ полное затмѣние произойдетъ въ полдень по мѣстному времени.

				Продолж.
9 сент. 1904,	видимое	главнымъ	образомъ въ Тихомъ океанѣ и въ Чили . . . . .	8.2 <sup>m</sup>
30 авг. 1905,	»	»	» » Сѣверной Америкѣ и Испаніи . . . . .	4.0 <sup>m</sup>
14 янв. 1907,	»	»	» » Россіи, Китаѣ и Сибири . . . . .	2.6 <sup>m</sup>
3 янв. 1908,	»	»	» » только въ Тихомъ океанѣ . . . . .	4.5 <sup>m</sup>
17 юни 1909.	»	»	» » Китаѣ, Сибири и Гренландіи . . . . .	0.5 <sup>m</sup>

Въ теченіе того же времени произойдетъ еще нѣсколько кольцообразныхъ затмѣній, но всѣ они въ Европѣ будутъ видимы только какъ частныя.

§ 103. **Обстоятельства, сопровождающія солнечное затмѣние.** Во время солнечныхъ затмѣній, до тѣхъ поръ, пока хоть маленькая часть солнечнаго диска еще не покрыта луной, на землѣ не замѣчается никакого особеннаго уменьшенія свѣта. Въ моментъ же исчезновенія послѣдняго луча солнца освѣщеніе небосклона и всей окружающей мѣстности дѣлается совершенно необыкновеннымъ. Небо принимаетъ особенную темно-голубую окраску, на горизонтѣ появляется оранжевая полоса, происхожденіе которой объясняется отраженіемъ солнечныхъ лучей отъ тѣхъ частей земной атмосферы, которыя лежатъ внѣ лунной тѣни; все это, въ связи съ зловѣщимъ полумракомъ, который во время затмѣнія ложится на всю окружающую мѣстность, производитъ сильное впечатлѣніе на зрителя.

Этимъ объясняются существующія и по настоящее время во многихъ мѣстахъ суевѣрія, связанныя съ явленіями какъ солнечнаго, такъ и луннаго затмѣнія. Такъ, въ Ост-Индіи распространено мнѣніе, что во время луннаго затмѣнія злой духъ, намѣреваясь ступить на луну съ неба, простираетъ передъ ней свои черныя крылья. Поэтому, индійцы во время затмѣнія спѣшатъ къ рѣкѣ и окунаются въ нее съ головой, надѣясь такимъ образомъ спастись отъ нападенія злого духа.

Жители западнаго берега Африки полагаютъ, что во время затмѣній черная кошка кладетъ свои лапы на солнце или на луну. Наконецъ, по представленію сіамскихъ моваловъ, во время затмѣнія огромный драконъ собирается сожрать луну или солнце (рис. 69). По ихъ мнѣнію, европейскіе астрономы только потому такъ точно предсказываютъ время, продолжительность и величину затмѣнія, что имъ хорошо извѣстенъ аппетитъ этого дракона. Даже древніе греки, вообще гораздо болѣе образованные, долгое время полагали, что во время лунныхъ затмѣній злые чародѣи при помощи волшебства похищаютъ луну съ неба. И мы не имѣемъ права осмѣивать воззрѣнія этихъ народовъ, такъ какъ еще не очень давно и наши предки имѣли нѣсколько не лучшія представленія о затмѣніяхъ.

Когда, въ моментъ наибольшей фазы солнечнаго затмѣнія, исчезаетъ послѣдній лучъ солнца, и такимъ образомъ среди дня внезапно наступаетъ ночь, то температура сразу понижается на нѣсколько градусовъ, на растеніяхъ появляется роса, и въ воздухѣ образуются облака, на небѣ появляются въ полномъ своемъ блескѣ наиболѣе яркія звѣзды; животныя

и птицы, обмазутыя наступившей темнотой, замолкаютъ и спѣшатъ укрыться въ свои жилища на почной покой; многія растенія свертываютъ свои листья и цвѣты. Наконецъ, черезъ нѣсколько минутъ, опять какъ бы по волшебству, появляются первые лучи солнца, снова наступаетъ день, приносящій всюду радость и веселье, и вся природа, которая только что казалась совсѣмъ омертвѣвшей, опять оживаетъ во всей своей красотѣ.

Изъ прежнихъ солнечныхъ затмѣній особенно замѣчательно было затмѣніе 12 мая 1706 г., которое было видимо во всей Германіи и о которомъ было написано много статей. Это было одно изъ самыхъ большихъ затмѣній, когда-либо происходившихъ въ Европѣ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ затмѣніе было полнымъ, наступившая среди дня совершенно темная ночь продолжалась приблизительно 5 минутъ. Въ это время нельзя было ни читать, ни работать, и лишь съ трудомъ можно было узнавать стоявшихъ рядомъ людей. Почныя птицы вылетѣли изъ гнѣздъ, а полевые зѣбри попрятались въ норы. Въ недалекомъ разстояніи отъ солнца, покрытаго луною, можно было ясно видѣть планеты Меркурія, Венеры, Юпитера и Сатурна, а также всѣ наиболѣе яркія звѣзды. Во время этого затмѣнія палъ на



Рис. 69.

землю сильный и весьма вредный туманъ, и потому пришлось тщательно прикрыть всѣ колоды и загнать скоть въ стойла. Это затмѣніе долгое время служило предметомъ разговора во всемъ образованномъ обществѣ. Изъ болѣе позднихъ затмѣній сильное впечатлѣніе на зрителей произвели затмѣнія 1842, 1851 и 1887 годовъ.

О тѣхъ весьма интересныхъ явленіяхъ, которыя происходятъ во время затмѣнія на самомъ солнцѣ, мы будемъ говорить во второй части этой книги. Здѣсь же мы упомянемъ еще только объ одномъ явленіи, которое наблюдатели часто замѣчали на поверхности земли незадолго до полной фазы и вскорѣ послѣ нея, именно о такъ называемыхъ тѣневыхъ полосахъ, имѣющихъ волнообразную форму и отдѣленныхъ другъ отъ друга свѣтлыми промежутками. Ширина полосъ доходить до 10—12 сантиметровъ, и продольное направленіе ихъ, какъ впервые замѣтилъ въ 1851 году Фирилей (Fearnley), перпендикулярно къ линіи, соединяющей концы еще непокрытаго луной солнечнаго серпа. Полосы представляются наблюдателю быстро перемѣщающимися по поверхности земли, скорость ихъ перемѣщенія равна скорости средняго лошадинаго бѣга. Впервые на такія полосы обратилъ вни-

маніе Гольдшмидтъ въ 1820 году, но онъ не былъ въ состояніи удовлетворительно объяснить это явленіе. По предположенію Араго, причина появленія тѣневыхъ полосъ сходна съ причиной мерцанія звѣздъ (§ 107). Французскій же астрономъ Фай (Fau), въ своемъ отчетѣ о наблюденіи полнаго солнечнаго затмѣнія 18 іюля 1860 года въ Бативъ, разсматриваетъ тѣневыя полосы какъ явленіе интерференціи (Глава II, § 5). Но особеннаго интереса заслуживаетъ указаніе Дюфура, что подобное же явленіе часто наблюдается въ Швейцарскихъ Альпахъ при восходѣ солнца изъ-за высокихъ горъ.

## ГЛАВА XI.

### Земная атмосфера.

§ 104. **Высота и плотность атмосферъ.** Извѣстно, что наша земля окружена со всѣхъ сторонъ воздухомъ, которымъ мы дышимъ и благодаря которому, такимъ образомъ, дѣлается возможнымъ наше существованіе. Этотъ воздухъ простирается, повидимому, не очень высоко надъ поверхностью земли, такъ какъ на вершинахъ высокихъ горъ и также на той высотѣ, до которой люди поднимались на воздушныхъ шарахъ, воздухъ дѣлается уже на столько разрѣженнымъ, что живыя существа не могутъ тамъ долго оставаться. Это уменьшеніе плотности воздуха мы можемъ наблюдать также при помощи барометра (рис. 70), служащаго для опредѣленія вѣса или давленія той части воздуха, которая находится надъ этимъ инструментомъ вплоть до крайняго предѣла атмосферы. Чѣмъ выше установленъ барометръ надъ поверхностью земли, тѣмъ короче находящейся надъ нимъ воздушный столбъ, тѣмъ меньше давленіе, оказываемое этимъ столбомъ на ртуть барометра, и тѣмъ ниже, поэтому, уровень этой послѣдней въ длинной закрытой трубкѣ инструмента, такъ что высотой ртuti въ барометрической трубкѣ можно мѣрять давленіе воздуха на любой высотѣ надъ поверхностью земли и, слѣдовательно, если извѣстна плотность воздуха, то также и высоту надъ уровнемъ моря того мѣста, въ которомъ производится наблюденіе.



Рис. 70.

Воздухъ, какъ и всѣ тѣла вообще, имѣетъ опредѣленный вѣсъ и, подобно всѣмъ тѣламъ, онъ оказываетъ давленіе на всѣ предметы, лежащіе подъ нимъ. Если термометръ показываетъ 0°, то на уровнѣ моря это давленіе уравновѣшивается барометрическимъ столбомъ ртuti, высотой въ 760 миллиметровъ. При этомъ давленіи и при такой температурѣ, плотность воздуха относится къ плотности ртuti какъ 1 къ 10500. Поэтому, если бы атмосфера имѣла повсюду одинаковую плотность, то ея высота надъ поверхностью земли равнялась бы  $760 \times 10500$  миллиметровъ или почти 8 километрамъ, что составляетъ немножко больше нѣмецкой мили. На самомъ же дѣлѣ высота атмосферы несравненно больше, такъ какъ, по извѣстному закону Гей-Люссака-Мариотта, плотность газа прямо пропорциональна оказываемому на него давленію или, въ иномъ случаѣ, высотѣ ртuti въ барометрѣ, и обратно пропорциональна объему газа. На основаніи этого закона, нижніе, ближайшіе къ землѣ слои воздуха должны быть плотнѣе верхнихъ, которые своимъ вѣсомъ давятъ на нихъ. Если бы температура воздуха повсюду была одинакова, то, при возрастаніи разности высотъ различныхъ пунктовъ надъ поверхностью земли въ арифметической прогрессіи, плотность слоевъ воздуха, проходящихъ черезъ эти пункты и, слѣдовательно, также высота ртuti въ барометрѣ въ этихъ пунктахъ уменьшались бы въ геометрической прогрессіи. Но на самомъ

дѣль въ природѣ этого не наблюдается, такъ какъ на высокихъ горахъ вообще бываетъ гораздо холоднѣе, чѣмъ въ равнинахъ, вслѣдствіе чего плотность воздуха въ высшихъ слояхъ атмосферы должна быть больше, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы температура воздуха повсюду была одинакова; но при этомъ мы не знаемъ, какое соотношеніе существуетъ между плотностями различныхъ слоевъ воздуха, такъ какъ законъ измѣненія температуры съ повышеніемъ надъ поверхностью земли намъ извѣстенъ лишь для самыхъ нижнихъ слоевъ атмосферы. Только въ очень недавнее время въ первый разъ были произведены изслѣдованія надъ измѣненіемъ температуры при поднятіи на такія высоты, гдѣ человѣкъ, въ силу устройства своего организма, уже не можетъ существовать. Именно, Эрмитъ неоднократно пускалъ воздушные шары съ самопишущими приборами; одинъ изъ этихъ шаровъ, пущенный 21 марта 1893 года, достигъ высоты 16000 метровъ \*). Однако и это число далеко не выражаетъ высоты всей атмосферы. Слѣдовательно, на основаніи закона Гей-Люссака-Мариотта высота атмосферы не можетъ быть вычислена, и потому мы должны попытаться опредѣлить ее непрямымъ путемъ. Прекрасное къ тому средство представляютъ намъ такъ называемыя сумерки. Сумерки происходятъ, какъ мы увидимъ ниже (§ 110), отъ того, что, уже послѣ захода солнца, его лучи еще освѣщаютъ въ теченіе нѣкотораго времени нашу атмосферу и, черезъ отраженіе отъ частицъ воздуха, попадаютъ въ глаза наблюдателя.

Сумерки оканчиваются приблизительно въ тотъ моментъ, когда солнце находится на 18 градусовъ ниже плоскости горизонта. Отсюда, при помощи легкаго вычисленія, мы находимъ высоту атмосферы равной, круглымъ числомъ, 80 километрамъ. Однако, и это число не даетъ намъ вѣрнаго понятія о высотѣ нашей атмосферы, оно только опредѣляетъ высоту тѣхъ слоевъ воздуха, плотность которыхъ уже настолько мала, что они болѣе не отражаютъ солнечнаго свѣта въ количествѣ, достаточномъ для того, чтобы оказать сколько-нибудь чувствительное дѣйствіе на нашъ глазъ. Возгараніе метеоровъ на высотѣ 150 и болѣе километровъ надъ поверхностью земли, появленіе на подобной же высотѣ свѣящихся облаковъ, на которыя было обращено вниманіе всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ, наконецъ то обстоятельство, что лучи сѣвернаго сиянія достигаютъ еще болѣе значительныхъ высотъ,—все это заставляетъ насъ допустить, что высота земной атмосферы заключается въ предѣлахъ отъ 200 до 250 километровъ.

§ 105. **Рефракція.** Воздухъ, подобно всякъ прозрачнымъ тѣламъ, обладаетъ свойствомъ преломлять проходящіе черезъ него лучи свѣта, иначе говоря, онъ даетъ этимъ лучамъ другое направленіе. Вслѣдствіе этого, солнце и вообще весь небесный свѣтила мы видимъ не на тѣхъ мѣстахъ, которыя они занимаютъ въ дѣйствительности.

Чтобы опредѣлить, насколько лучи свѣта, при прохожденіи черезъ земную атмосферу, отклоняются отъ ихъ истиннаго направленія, допустимъ, согласно съ ученіемъ о равновѣсн жидкостей, что атмосфера, въ состояніи покоя, представляетъ рядъ сферическихъ слоевъ, концентрическихъ съ поверхностью земнаго шара, и что плотность воздуха, въ различныхъ точкахъ одного и того же слоя одинакова, при переходѣ отъ одного слоя къ другому уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ поверхности земли.

Если  $C$  есть центръ земли (рис. 71),  $B$ —положеніе наблюдателя на ея поверхности и  $S$ —какая-нибудь звѣзда, то лучъ свѣта  $Ss$ , идущій отъ этой звѣзды, встрѣчая въ точкѣ  $s$  первый изъ концентрическихъ слоевъ воздуха, преломляется и вслѣдствіе этого приближается къ линіи  $Cs$ , перпендикулярной къ поверхности слоя. На основаніи извѣстнаго закона физики, лучъ свѣта, послѣ преломленія остается въ той же самой вертикальной плоскости, въ которой онъ находился и до преломленія. Поэтому, вслѣдствіе преломленія из-

\*) Теперь подобныя опыты производятся ежегодно учеными различныхъ государствъ, причемъ воздушные шары съ самопишущими метеорологическими инструментами пускаются одновременно изъ различныхъ городовъ Европы. Россія также принимаетъ участіе въ этихъ совместныхъ опытахъ.

мѣняется только зенитное разстояніе звѣзды, но не азимутъ (Введ., § 8). Во всякомъ случаѣ это измѣненіе крайне незначительно, потому что какъ толщина, такъ и плотность перваго слоя воздуха весьма малы. Но, при переходѣ изъ перваго слоя во второй, лучъ свѣта снова преломляется, и такъ какъ то-же самое происходитъ и во всѣхъ послѣдующихъ слояхъ атмосферы, то, вслѣдствіе всѣхъ этихъ преломленій, лучъ свѣта  $Ss$ , который, до вступленія въ земную атмосферу, былъ прямолинейнымъ, при прохожденіи черезъ нее, т. е. на пространствѣ отъ точки  $s$  до точки  $B$ , обращается въ вогнутую со стороны земли кривую линію  $sB$ . Но такъ какъ всякій предметъ мы видимъ въ томъ направленіи, которое имѣетъ идущій отъ него лучъ свѣта, въ моментъ своего вступленія въ глазъ наблюдателя, то отсюда слѣдуетъ, что наблюдатель  $B$  усматриваетъ звѣзду  $S$ , по направленію касательной къ кривой линіи  $sB$  въ послѣдней ея точкѣ, иначе говоря по направленію прямой  $Bs'S'$ , т. е. ближе къ зениту  $Z$ , чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы преломленія вовсе не существовало. Линія  $Ss$ , т. е. то направленіе, по которому свѣтъ отъ звѣзды  $S$  достигъ бы земли, если бы эта послѣдняя не была окружена атмосферой, при своемъ продолженіи по другую сторону отъ точки  $s$ , пересекается съ линіей  $Bs'S'$  въ точкѣ  $n$ , а съ поверхностью земли въ точкѣ  $D$ . Получающійся черезъ это уголъ  $BnD$  представляетъ отклоненіе свѣтового луча отъ истиннаго его направленія, происходящее вслѣдствіе преломленія въ земной атмосферѣ. Этотъ уголъ  $BnD$  называется рефракціей видимаго зенитнаго разстоянія звѣзды  $S$ .

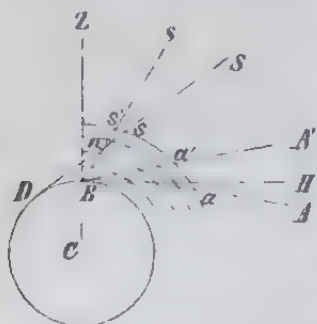


Рис. 71.

Величина угла  $BnD$  или рефракція звѣзды  $S$  для любого зенитнаго разстоянія определяется на основаніи законовъ физики и правилъ геометріи. Само собою разумѣется, что опредѣленіе величины рефракціи представляетъ огромную важность для практической астрономіи, такъ какъ рефракція оказываетъ вліяніе на всѣ безъ исключенія наши наблюденія, и мы ни для какого небеснаго тѣла не можемъ указать истиннаго положенія, занимаемаго имъ въ небесномъ пространствѣ, если раньше не освободимся отъ этого оптического обмана.

Къ сожалѣнію, весьма трудно получить вполнѣ точное рѣшеніе нашей задачи. Мы уже выше (§ 104) сказали, что намъ далеко еще неизвѣстенъ тотъ законъ, по которому измѣняются, съ измѣненіемъ высоты надъ поверхностью земли, температура и плотность воздуха, оказывающія огромное вліяніе на величину рефракціи. Въ самомъ дѣлѣ, наивысшая пѣкъ извѣстныхъ до сихъ поръ горъ, Гауризанкаръ въ Гималаяхъ, возвышается на 8850 метр. надъ уровнемъ моря (§ 5); наибольшая высота, до которой достигали до сихъ поръ воздушные шары, снабженные самонисущими приборами, составляетъ 16000 метровъ. Но эти высоты слишкомъ малы, какъ мы видѣли выше, въ сравненіи съ высотой нашей атмосферы, и потому понятно, что на основаніи нашихъ метеорологическихъ наблюденій и опытовъ мы не можемъ составить себѣ вѣрнаго предетакленія о строеніи высшихъ слоевъ земной атмосферы. Къ этому надо прибавить, что даже въ одномъ и томъ же мѣстѣ температура и плотность воздуха и, вслѣдствіе этого, его преломляющая сила и величина рефракціи постоянно подвержены нѣкоторымъ колебаніямъ. Но не смотря на всѣ эти затрудненія, большая часть существующихъ теорій рефракціи достаточно хорошо удовлетворяютъ самымъ точнымъ наблюденіямъ нашего времени. Для облегченія вычисленій построены особыя таблицы рефракціи, изъ которыхъ весьма легко можно получить величину рефракціи для любого зенитнаго разстоянія. Прибавляя взятую изъ таблицъ рефракцію къ наблюдаемому зенитному разстоянію звѣзды, мы получаемъ ея истинное зенитное разстояніе, т. е. такое, которое мы опредѣлили бы изъ наблюденій въ томъ случаѣ, если бы

земля не была окружена атмосферой и, следовательно, если бы мы усматривали все светила в тех самых точках небесной сферы, которые они занимают в действительности. Ниже дана таблица рефракции в сокращенном виде.

Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.
0°	0' 0"	30°	0' 33"	60°	1' 40"	86°	11' 39"
5	0 5	35	0 41	65	2 4	87	14 15
10	0 10	40	0 49	70	2 38	88	18 9
15	0 16	45	0 58	75	3 33	89	24 25
20	0 21	50	1 9	80	5 16	90	34 54
25	0 27	55	1 23	85	9 47	—	—

Считаем не лишним привести здесь еще следующие законы рефракции:

1) Для звезд, находящихся в зенит наблюдателя, рефракция равна нулю.  
2) Чем больше зенитное расстояние звезды, тем больше рефракция. Для звезд, находящихся на горизонте наблюдателя, рефракция достигает, круглым числом, 35'.

3) Рефракция не зависит от расстояния светил до земли, так как все небесные тела лежат весьма далеко за пределами нашей атмосферы, рефракция же обуславливается исключительно существованием этой последней.

4) Рефракция изменяется с изменением состояния атмосферы и в особенности с изменением плотности и температуры воздуха. Поэтому к величине рефракции, получаемой из таблиц, необходимо всегда прибавлять еще две поправки, из которых одна зависит от показания барометра во время наблюдения, а другая от показания термометра. Всякая таблица рефракции соответствует некоторому определенному состоянию атмосферы. Предыдущая таблица, напр., справедлива только при 752 миллиметрах барометрического давления и при 10° температуры по столбцовому термометру.

§ 106. **Рефракция в горизонте.** Когда солнце  $A$  (рис. 71) находится еще под горизонтом  $ВН$  наблюдателя, помещающегося в  $B$ , и, следовательно, должно было бы оставаться для него невидимым, идущий от солнца луч света  $Аа$ , вступая в точку  $a$  земную атмосферу, проходит через эту последнюю, вследствие преломления, по кривой линии  $aB$ , и наблюдатель видит солнце по направлению последней касательной к этой кривой, т. е. на высоту  $НВ.А'$  над своим горизонтом.

Поэтому, в любой точке земного шара наблюдателю кажется, что солнце восходит раньше и заходит позже, чем оно в действительности проходит через плоскость горизонта в этой точке. Таким образом, вследствие рефракции увеличивается продолжительность дня, что является большим благодеянием особенно для стран холодного пояса, где, вследствие этого, разница между кажущимся и действительным пребыванием солнца над плоскостью горизонта составляет несколько дней и иногда даже несколько недель. Так, голландские мореплаватели в 1596 году на Новой Земле, под 76° северной широты, заметили появление солнца над плоскостью горизонта, впервые после продолжительной ночи, на 17 дней раньше, чем этого можно было ожидать на основании вычислений. Еще Кеплер заметил, что в этом случае солнце находилось в 5° над плоскостью горизонта; рефракция же в горизонте, как мы знаем (§ 105), составляет лишь 35', что в девять раз меньше только что приведенной величины. Поэтому, если наблюдение голландских моряков достоверно, то такого рода явление мы должны объяснить очень низкой температурой.

Значительной величиной рефракции в горизонте объясняется также эллиптическая форма солнца и луны во время восхода или заката этих светил. Если солнце только что взошло, и его нижний край находится еще на горизонте, то этот край видимым образом повышается, вследствие рефракции, на 35' (§ 105). Верхний же край солнца, вы-

сота котораго надъ горизонтомъ въ тотъ же самый моментъ составляетъ уже 32, повышается, отъ той же причины, только на 29, такъ что высшая и низшая точки солнечнаго диска сблизжаются дѣйствіемъ рефракціи, на цѣльхъ 6', между тѣмъ какъ на наиболѣе удаленныя другъ отъ друга точки восточнаго и западнаго краевъ солнца рефракція оказываетъ одинаковое вліяніе, и потому взаимное разстояніе между этими точками не измѣняется. Такимъ образомъ, сжатіе солнечнаго диска при восходѣ или закатѣ солнца настолько значительно, что оно всякому бросается въ глаза (рис. 72). Сжатіе солнечнаго диска, когда солнце находится вблизи горизонта, впервые правильно объяснилъ дѣйствіемъ ре-

фракціи арабскій астрономъ Альхазенъ въ 1100 г. послѣ Р. Хр.

Подобнымъ же образомъ, при лунныхъ затмѣніяхъ, наблюдаемыхъ при восходѣ или закатѣ луны, вслѣдствіе дѣйствія рефракціи, какъ луна, такъ и солнце представляются наблюдателю находящимся надъ горизонтомъ, хотя на самомъ дѣлѣ линія, идущія отъ наблюдателя къ центрамъ обоехъ этихъ свѣтилъ, образуютъ

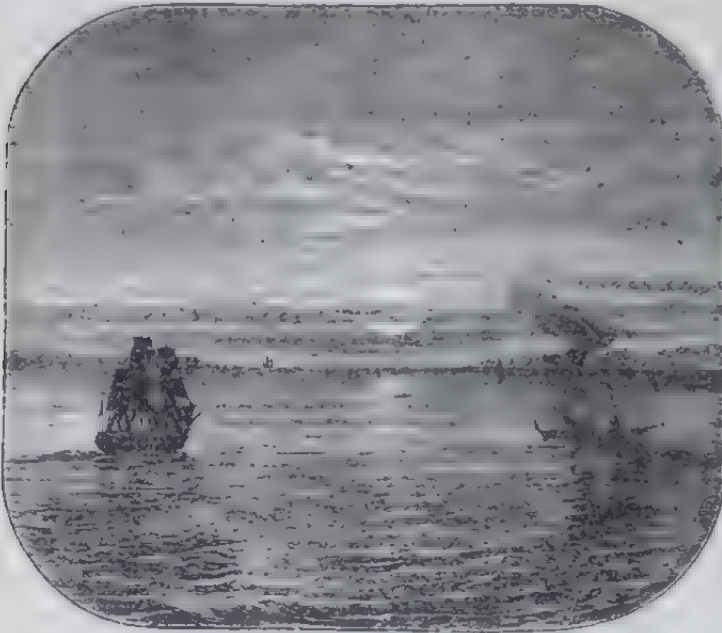


Рис. 72.

уголъ, равный  $180^\circ$ . Правильное объясненіе этого явленія впервые была дано математикомъ Клеомендомъ, жившимъ, нѣсколько намъ извѣстно, въ четвертомъ или пятомъ столѣтіи послѣ Р. Хр.

§ 107. **Мерцаніе звѣздъ.** Преломленіе и разсіянiе свѣта въ нашей атмосферѣ являются также причиной весьма извѣстнаго явленія, именно такъ называемаго мерцанія звѣздъ. Явленіе это состоитъ въ періодическомъ намѣненіи цвѣта звѣздъ, въ связи съ виссальнымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ ихъ яркости, причѣмъ сильнѣе всего мерцаютъ звѣзды, находящіяся вблизи горизонта. Арато дѣлалъ попытки объяснить это явленіе интерференціей (часть II, § 5), вслѣдствіе которой исходящія изъ какой нибудь свѣтящейся точки лучи свѣта, проходя черезъ весьма различныя въ оптическомъ отношеніи слои земной атмосферы, оказываютъ вліяніе другъ на друга. Моптигьи и Фуко, напротивъ того, видятъ въ мерцаніи звѣздъ простое явленіе свѣторазсіянiя въ земной атмосферѣ; періодичность же этого явленія обуславливается, по ихъ мнѣнію, воздушными течениями, которыя, вмѣстѣ съ тѣмъ, усиливаютъ мерцаніе звѣздъ. Справедливость этого объясненія подтверждается, по мнѣнію Лавандье, извѣстнымъ явленіемъ, состоящимъ въ томъ, что небольшой бѣлый камешекъ на днѣ быстро текущаго ручья, при солнечномъ освѣщеніи, также сильно мерцаетъ. Въ пользу этого объясненія говоритъ также замѣченное Кемтцемъ обстоятельство, что сильное мерцаніе звѣздъ очень часто предвѣщаетъ наступленіе бури. Наконецъ, Ресниги объясняетъ мерцаніе звѣздъ тѣмъ, что лучъ свѣта, идущій къ намъ отъ одвой и той-же

звѣзды, проходить, вслѣдствіе вращенія земли вмѣстѣ съ ея атмосферой, послѣдовательно черезъ различные, смѣняющіе другъ друга слои воздуха, которые обладаютъ неодинаковой преломляющей силой.

Справедливость этого объясненія доказалъ въ 1882 году профессоръ Экснеръ при помощи длиннаго ряда наблюденій, произведенныхъ на Вѣнской обсерваторіи, причемъ онъ объяснилъ всѣ довольно сложныя подробности этого явленія. Впрочемъ, Монтиньяи пришелъ къ убѣжденію, что звѣзды, въ спектрѣ которыхъ замѣчается большое число темныхъ линий, мерцаютъ менѣе другихъ. Точно также, по изслѣдованіямъ Дюфура оказывается, что самое слабое мерцаніе наблюдается у красныхъ звѣздъ. Отсюда приходится заключить, что мерцаніе звѣздъ зависитъ также отъ ихъ физическихъ свойствъ. Замѣчательно еще то, что планеты мерцаютъ гораздо слабѣе, чѣмъ звѣзды, такъ что по одному этому первыя можно отличить отъ послѣднихъ \*).

§ 108. **Земная рефракція.** Изъ предыдущаго мы знаемъ, что лучъ свѣта, идущій въ воздухѣ отъ какой-нибудь одной точки къ другой и встрѣчающій поверхности концентрическихъ слоевъ земной атмосферы по направленію, отличному отъ перпендикуляра къ этимъ поверхностямъ, преломляется и, вслѣдствіе этого, на пути между упомянутыми точками имѣетъ видъ кривой линіи. Такъ какъ это относится не только къ небеснымъ предметамъ, лежащимъ внѣ нашей атмосферы, но и ко всѣмъ тѣламъ, находящимся въ самой атмосферѣ, то мы видимъ также всѣ земные предметы, какъ-то: вершины горъ, верушки башенъ и т. д., не на тѣхъ мѣстахъ, на которыхъ они представлялись бы вашему глазу, если бы земля не была окружена воздухомъ. Это явленіе въ положеніи земныхъ предметовъ, обусловливаемое присутствіемъ атмосферы, и называется земной рефракціей. Земная рефракція въ большинствѣ случаевъ, особенно, если наблюдаемый предметъ находится недалеко отъ насъ, гораздо менѣе астрономической рефракціи, такъ какъ лучъ свѣта отъ какого-нибудь земнаго предмета проходитъ лишь нѣкоторую, обыкновенно весьма незначительную часть атмосферы, между тѣмъ какъ лучи, идущіе отъ небесныхъ свѣтилъ, должны пройти черезъ всю атмосферу, отъ одной ея границы до другой. Наблюденія показываютъ, что для не очень большихъ разстояній можно принять, что земная рефракція равна числу 0,0025, умноженному на число метровъ, заключающихся въ разстояніи между наблюдателемъ и наблюдаемымъ земнымъ предметомъ. Такъ напримѣръ, если предметъ отстоитъ отъ насъ на 2000 метровъ, то земная рефракція составляетъ 5".

§ 109. **Отраженіе солнечныхъ лучей атмосферой.** Если пропустить черезъ узкое отверстіе оконнаго ставня солнечный лучъ въ темную, со всѣхъ сторонъ закрытую комнату, то этотъ лучъ представляется нашимъ глазамъ въ видѣ свѣтлой золотой нити, проходящей черезъ всю длину комнаты; но, кромѣ того, и вся комната слабо освѣщается этимъ лучемъ, такъ что мы можемъ различать очертанія предметовъ, находящихся въ комнатѣ. Это происходитъ отъ того, что частицы воздуха, черезъ который лучъ свѣта проходитъ, отражаютъ свѣтъ во всѣ стороны, и свѣтъ, такимъ образомъ, падаетъ на сосѣдніе предметы и отъ нихъ снова направляется въ нашъ глазъ. То-же самое явленіе имѣетъ мѣсто, еще въ большей степени, для всѣхъ частей земли, которая освѣщается солнцемъ, находящимся надъ нею горизонтомъ: всѣ частицы воздуха, а также носящіяся въ атмосферѣ облака и туманы, подобно безчисленному множеству зеркалъ, отражаютъ во всѣ стороны падающій на нихъ солнечный свѣтъ, такъ что отъ всякой точки, находящейся на поверхности земли или надъ нею, лучи свѣта направляются ко всякой другой подобной-же точкѣ, и потому въ любой точкѣ атмосферы, такъ сказать, перекрещивается безчисленное множество свѣтовыхъ лучей. Если бы земля не была окружена атмосферой, или если бы частицы воздуха, а также и всѣ остальные тѣла не обладали свойствомъ отражать свѣтовые лучи по всѣмъ

\*) Подобенствіи объ этомъ интересномъ явленіи изложены въ русскомъ изданіи «Общая земловѣдѣнія» Гааяна («Библіотека Естествознанія»).



направлениямъ, то мы видѣли бы только тѣ предметы, которые освѣщаются непосредственно солнцемъ, и, наоборотъ, все такіе предметы, на которые лучи солнца прямо не падаютъ, казались бы намъ совершенно темными. Каждое маленькое облачко, проходящее между солнцемъ и нами и скрывающее, такимъ образомъ, отъ насъ дневное свѣтло, погружало бы насъ въ глубокий мракъ ночи, звѣзды были бы видны днемъ вблизи солнца; тѣ части небесной сферы, на которыхъ нѣтъ звѣздъ, казались бы намъ совершенно черными; въ нашихъ жилищахъ царилъ бы непроницаемая темнота въ теченіе всего того времени, когда ихъ внутренность не освѣщается непосредственно черезъ окна лучами солнца, наконецъ, послѣ весьма темной ночи наступала бы сразу самый свѣтлый день, и, наоборотъ, дневной свѣтъ смѣнялся бы, также внезапно, глубокимъ мракомъ ночи. Все эти обстоятельства оказали бы, безъ сомнѣнія, весьма вредное вліяніе на насъ и на нашу жизнь.

§ 110. **Сумерки.** Наша атмосфера оказываетъ намъ весьма важную услугу по отношенію къ освѣщенію земли. Съ одной стороны, вѣдствие преломленія лучей свѣта въ атмосферѣ, солнце кажется намъ, какъ мы видѣли выше (§ 106), находящимся надъ горизонтомъ въ теченіе нѣкотораго времени какъ до своего появленія изъ за горизонта, такъ и послѣ исчезновенія подъ нимъ, и черезъ это значительно увеличивается продолжительность дня, въ особенности на земныхъ параллеляхъ, болѣе близкихъ къ полюсамъ. Съ другой стороны, даже и тогда, когда солнце, до своего восхода или послѣ заката, находится настолько низко, что не можетъ быть повышено дѣйствіемъ рефракціи до плоскости горизонта, все же мы получаемъ, благодаря нашей атмосферѣ, по крайней мѣрѣ нѣкоторую часть солнечнаго свѣта, вѣдствие чего въ теченіе первыхъ и послѣднихъ часовъ ночи бываетъ довольно свѣтло. Это явленіе извѣстно подъ названіемъ сумерекъ. Во время сумерекъ земля освѣщается такъ называемымъ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ, т. е. тѣми солнечными лучами, которые даже тогда, когда солнце находится подъ горизонтомъ, освѣщаютъ высшіе слои атмосферы и плавающія въ воздухѣ облака и, отражаясь отъ нихъ, какъ отъ зеркала, направляются къ поверхности земли и служатъ причиной того, что въ началѣ и въ концѣ ночи бываетъ свѣтло. Это явленіе впервые правильно объяснилъ Алъхазенъ, имя котораго мы уже упоминали раньше (§ 106).

Благодаря сумеркамъ, въ любомъ мѣстѣ земнаго шара, послѣ захода солнца, солнечные лучи, отражаясь отъ верхнихъ слоевъ атмосферы, освѣщаютъ еще значительную часть западнаго небосклона. Вѣдствие суточного вращенія земли, данное мѣсто на земной поверхности все болѣе и болѣе перемѣщается съ запада на востокъ и, слѣдовательно, все болѣе и болѣе удаляется отъ солнца, а мѣсто съ тѣмъ все меньшая и меньшая часть неба на западѣ освѣщается солнечными лучами; это продолжается до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, не исчезнетъ изъ глазъ наблюдателя послѣдняя свѣтлая точка въ этомъ мѣстѣ небд, и только тогда наступаетъ темная ночь.

Обыкновенно принимаютъ, что сумерки начинаются и кончаются въ тотъ моментъ, когда солнце находится въ  $18^\circ$  подъ плоскостью горизонта.) Въ средней Германіи наименьшая продолжительность сумерекъ составляетъ  $2^h$ , что бываетъ въ началѣ марта и въ серединѣ октября, съ середины же мая до конца юли сумерки продолжаютъ въ этихъ странахъ почти всю ночь, такъ какъ въ это время тамъ даже въ полночь солнце понижается, самое большое, на  $18^\circ$  подъ плоскостью горизонта. Въ высшихъ широтахъ продолжительность сумерекъ гораздо больше. На полюсахъ сумерки, какъ въ началѣ длинной темной полярной ночи, тамъ и въ концѣ ея, продолжаютъ приблизительно 50 дней, вѣдствие чего тамъ сплошная ночь гнется не полгода, а собственно только 3 мѣсяца.

Отъ астрономическихъ сумерекъ слѣдуетъ отличать такъ называемыя гражданскія сумерки, которыя вечеромъ кончаются тогда, когда въ довольно свѣтлыхъ квартирахъ приходится жить, отъ начала же гражданскихъ сумерекъ утромъ совпадаетъ съ тѣмъ моментомъ,

\*) См. книгу, цитированную въ выскѣ на стр. 157.

когда въ квартирахъ уже можно обходиться безъ огня. Не претендуя на большую точность, можно принять, что въ это время пониженіе солнца подь плоскостью горизонта составляетъ  $7^{\circ}45'$ . Такимъ образомъ, гражданскія сумерки гораздо короче астрономическихъ. Въ средней Германіи наименьшая продолжительность гражданскихъ сумерекъ, именно въ мартѣ и октябрѣ, составляетъ только  $40^m$ , въ разгаръ же лѣта, г. е. въ серединѣ іюня, сумерки продолжаются приблизительно часъ.

Впрочемъ, наши свѣдѣнія о сумеркахъ еще очень недостаточны, и потому весьма желательны, какъ показалъ Шмидтъ въ Афинахъ, различныя изслѣдованія для пополненія этихъ свѣдѣній.

§ 111. Поглощеніе свѣта атмосферой. Всѣ звѣзды въ то время, когда онѣ находятся вблизи горизонта, кажутся намъ менѣ яркими, чѣмъ въ другихъ частяхъ небесной сферы, такъ что мы можемъ, напр., смотрѣть на солнце во время его восхода или заката, не опасаясь повредить себѣ глаза, между тѣмъ какъ въ полдень то-же самое солнце насъ ослѣпляетъ. Причина этого явленія, которое впервые правильно было объяснено опять Альхазеномъ, заключается въ томъ, что лучи солнца, когда это послѣднее находится вблизи горизонта, напр., въ точкѣ *A* (рис. 71), проходятъ въ земной атмосферѣ путь *aB*, между тѣмъ какъ при болѣе высокомъ положеніи солнца, напр., когда оно находится въ точкѣ *S*, его лучи проходятъ путь *sB*. Первый путь значительно длиннѣе второго, и, кромѣ того, въ первомъ случаѣ солнечные лучи проходятъ болѣшую толщю нижнихъ слоевъ воздуха, болѣе близкихъ къ землѣ и потому болѣе плотныхъ. Вслѣдствіе всего этого, въ первомъ случаѣ, солнечный свѣтъ въ сильной степени ослабляется. Принимая яркость любого свѣтила въ томъ случаѣ, если бы земной атмосферы вовсе не существовало, за единицу. Зейдель нашелъ, что, при прохожденіи лучей этого свѣтила черезъ атмосферу, его яркость при различныхъ зенитныхъ разстояніяхъ выражается числами слѣдующей таблицы:

Зен. разст.	Яркость.	Зен. разст.	Яркость.	Зен. разст.	Яркость.
$0^{\circ}$	0,81	$70^{\circ}$	0,53	$87^{\circ}$	0,09
20	0,80	80	0,33	88	0,05
40	0,78	85	0,17	89	0,02
60	0,66	86	0,14	90	0,014

Поглощеніемъ свѣта въ нашей атмосферѣ объясняется также то обстоятельство, что съ высокихъ горъ мы видимъ большее число звѣздъ, чѣмъ съ лежащихъ внизу равнинъ, и всѣ звѣзды при этомъ кажутся намъ болѣе яркими, такъ какъ наиболѣе плотные слои воздуха находятся въ этомъ случаѣ ниже линіи зрѣнія. Это становится особенно замѣтнымъ, если мы при своихъ наблюденіяхъ пользуемся астрономической трубой, потому что число слабыхъ звѣздъ, видимыхъ въ одну и ту-же трубу, быстро растетъ по мѣрѣ того, какъ мы повышаемся надъ поверхностью земли. Точно также, чѣмъ выше поднимаемся мы надъ уровнемъ моря, тѣмъ болѣе темную окраску принимаетъ голубой цвѣтъ неба, и на фотографическихъ снимкахъ съ большихъ высотъ фонъ неба выходитъ почти совершенно чернымъ. Это происходитъ отъ того, что наша атмосфера поглощаетъ главнымъ образомъ фиолетовые лучи спектра (Часть II, § 7), такъ что эти послѣдніе, проходя черезъ болѣе плотные слои воздуха, прилегающіе къ земной поверхности, ослабляются значительно сильнѣе, чѣмъ красные лучи, и только на болѣе значительныхъ высотахъ ихъ дѣйствіе какъ на глазъ, такъ и на фотографическую пластинку становится все замѣннѣе и замѣннѣе. Это особенно бросается въ глаза при восходѣ и закатѣ солнца или луны, которыя при этомъ намъ кажутся красными, такъ какъ синіе и фиолетовые лучи, будучи поглощены плотными слоями атмосферы, не доходятъ до нашего глаза. Ланглея, на основаніи изслѣдованій произведенныхъ имъ въ Колорадо на высотѣ болѣе, чѣмъ 1500 метровъ, надъ уровнемъ моря, даже показываетъ, что, если-бы земля не была окружена атмосферой, и если-бы, такимъ образомъ, свѣтъ, посылаемый намъ солнцемъ, вовсе не поглощался, то голубые лучи солнеч-

наго свѣта имѣли-бы такую большую напряженность, что солнце болѣе не казалось-бы намъ блѣднымъ, а имѣло бы весьма замѣтную голубую окраску.

§ 112. **Оптическіе обманъ.** Еще у Аристотеля и Пливія мы находимъ указанія на то, что размѣры солнечнаго и луннаго дисковъ во время восхода или заката этихъ свѣтилъ кажутся намъ гораздо больше, чѣмъ въ то время, когда эти свѣтила находятся на значительной высотѣ надъ горизонтомъ. То-же самое мы замѣчаемъ и относительно созвѣдій, и особенно рѣзко бросается въ глаза это явленіе относительно извѣстнаго намъ, красиваго созвѣдія большой Медвѣдцы. Это ежедневно наблюдаемое явленіе, которое еще до сихъ поръ вполне удовлетворительно не объяснено, по всей вѣроятности, зависитъ заразъ отъ многихъ причинъ. Въ этомъ отношеніи на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить выше упомянутое поглощеніе лучей свѣта земной атмосферой, вслѣдствіе чего яркость солнца и луны, при ихъ восходѣ и закатѣ, меньше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда эти свѣтила находятся на нѣкоторой высотѣ надъ горизонтомъ. Но извѣстно, что въ большинствѣ случаевъ чѣмъ дальше отъ насъ находятся земные предметы, тѣмъ слабѣе они освѣщены. Это правило, выведенное изъ ежедневнаго опыта, мы переносимъ также и на небесныя свѣтила, вслѣдствіе чего эти послѣднія, при своемъ восходѣ и закатѣ, кажутся намъ болѣе удаленными отъ насъ; а такъ какъ во всѣхъ частяхъ небесной сферы мы усматриваемъ диаметры солнца или луны подъ однимъ и тѣмъ же угломъ, то намъ и представляется, что эти свѣтила, при восходѣ и закатѣ, обладаютъ большими размѣрами, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда они находятся уже на значительной высотѣ надъ горизонтомъ. Подобнымъ же образомъ, вѣроятно, слѣдуетъ объяснить фактъ, доказанный Стробантомъ при помощи опытовъ и состояющій въ томъ, что размѣры всѣхъ предметовъ, если эти послѣдніе введены въ горизонтальное положеніе, кажутся намъ вообще болѣе значительными.

Въ связи съ этимъ находится также видимая форма небеснаго свода, на что впервые обратили вниманіе Мальбраншъ (Malebranche) и Л. Эйлеръ. Точное опредѣленіе вида неба было предпринято Р. Смитомъ, который нашелъ, что небо представляется намъ не въ видѣ полушарія, но въ видѣ свода, слабо приплюснутаго въ верхнихъ своихъ частяхъ. Такъ, напр., въ тотъ моментъ, когда намъ кажется, что луна находится какъ разъ по срединѣ между горизонтомъ и зенитомъ, и что, слѣдовательно, ея высота равняется  $45^\circ$ , непосредственныя измѣренія при помощи какого-нибудь угломернаго инструмента даютъ для этой высоты, какъ показалъ Р. Смитъ, только  $23^\circ$ , и, такимъ образомъ, истинная высота составляетъ лишь половину той высоты, которую мы опредѣляемъ по оцѣнкѣ на глазъ. Отсюда, при помощи небольшого вычисленія, можно вывести, что вертикальный радиусъ небеснаго свода намъ кажется въ  $3\frac{1}{2}$  раза меньше горизонтальнаго радиуса. Положимъ, что *ADBE* (рис. 34, стр. 75) представляетъ земной шаръ, *A* — ту точку, въ которой находится наблюдатель, *AL* — горизонтъ наблюдателя и наконецъ дуга *ILH*, центръ которой совпадаетъ съ центромъ *C* земли, — часть небеснаго свода. Въ такомъ случаѣ, если наблюдатель оцѣниваетъ въ 100 километровъ горизонтальное разстояніе *AL* отъ точки *A*, въ которой онъ находится, до небеснаго свода, то ему въ то-же самое время кажется, что вертикальный радиусъ этого свода, т. е. разстояніе отъ точки *A* до высшей его точки *H*, равно только 30 километрамъ. Въ 1888 и 1889 годахъ Рейманъ снова предпринялъ весьма обстоятельныя изслѣдованія относительно вида небеснаго свода, и изъ дневныхъ наблюденій, онъ нашелъ почти совершенно такой же результатъ, какъ и Смитъ; кромѣ того онъ пришелъ къ заключенію, что ночью небесный сводъ кажется намъ менѣе сплюснутымъ. Именно, намъ кажется, какъ это слѣдуетъ изъ его наблюденій, что возвышеніе свѣтила надъ горизонтомъ составляетъ  $45'$  въ тотъ моментъ, когда его истинная высота равна

днемъ . . . . .	22,4°
ночью, при лунномъ освѣщеніи . . . . .	26,6
ночью, безъ луннаго освѣщенія . . . . .	30,0

При оцѣнкѣ относительной яркости звѣзд мы обыкновенно считаемъ ту звѣзду, свѣтъ которой состоитъ изъ лучей, лежащихъ ближе къ фіолетовому концу спектра (часть II, § 7), болѣе яркой, чѣмъ ту, свѣтъ которой падаетъ въ красный; далѣе, что касается яркихъ звѣздъ, то, при оцѣнкѣ на глазъ, мы вообще преувеличиваемъ плъ яркость, причемъ особенно большую ошибку мы дѣлаемъ въ томъ случаѣ, если опредѣляемъ относительную яркость звѣздъ, и если звѣздой сравненія намъ служитъ какая-нибудь красная звѣзда. Такъ, напр., Юпитеръ, когда онъ находится вблизи Марса, кажется намъ въ четыре раза ярче этого послѣдняго, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ яркость Юпитера превосходитъ яркость Марса только въ два раза. Кромѣ того, яркія звѣзды обыкновенно кажутся намъ больше своей действительной величины. Это происходитъ отъ того, что свѣтъ отъ ярко освѣщенныхъ предметовъ, падая на сѣтчатую оболочку нашего глаза, вызываетъ на ней такъ называемыя крути разсѣянія, вследствие чего расширяется поле свѣтового ощущенія, и самые предметы кажутся намъ гѣмъ больше, гѣмъ ярче они блестятъ. Это явленіе называется иррадіаціей. Въ хорошихъ зрительныхъ трубахъ иррадіаціи не бываетъ, и потому въ трубы мы усматриваемъ звѣзды подъ гораздо меньшимъ діаметромъ, чѣмъ при наблюденіи невооруженнымъ глазомъ, и часто приходится слышать, какъ посѣтители астрономической обсерваторіи, незнакомые съ вышеописаннымъ оптическимъ обманомъ, выражаютъ по этому поводу свое удивленіе и разочарованіе: они обыкновенно полагаютъ, что, при разсмотрѣніи неба въ астрономическую трубу, всѣ звѣзды должны казаться гораздо больше, чѣмъ при наблюденіи невооруженнымъ глазомъ. Исслѣдованія нѣкоторыхъ ученыхъ показали, что вследствие иррадіаціи діаметръ Юпитера представляется обыкновенному глазу въ 7 разъ, а діаметръ Венеры въ 12 разъ больше противъ той величины, которую діаметры этихъ планетъ имѣли бы, если бы иррадіаціи въ нашемъ глазу не существовало. Неподвижныя звѣзды первой величины невооруженный глазъ усматриваетъ подъ угломъ въ 3 или 4 минуты, между тѣмъ какъ, при наблюденіяхъ въ хорошую трубу, видимый діаметръ этихъ звѣздъ едва достигаетъ нѣсколькихъ секундъ. И тѣмъ не менѣе никто изъ лицъ, смотрѣвшихъ съ нѣкоторымъ вниманіемъ на небо въ астрономическую трубу, не станетъ утверждать, что труба не увеличиваетъ предметовъ, и что въ нее эти послѣдніе видны менѣе отчетливо, чѣмъ невооруженнымъ глазомъ, такъ какъ, напр., двѣ звѣзды, находящіяся весьма близко одна отъ другой и представляющіяся невооруженному глазу въ видѣ одной свѣлой точки, въ зрительную трубу ясно усматриваются какъ двѣ точки, раздѣленныя большимъ промежуткомъ, и, кромѣ того, около этихъ двухъ звѣздъ наблюдатель замѣчаетъ въ полѣ зрѣнія трубы еще большое число другихъ звѣздочекъ, которыхъ онъ совсѣмъ не могъ замѣтить невооруженнымъ глазомъ.

Но той же самой причинѣ намъ кажется, что освѣщенный серпъ луны принадлежитъ диску большаго размѣровъ, чѣмъ прилегающая къ нему темная часть, которую можно видѣть вскорѣ послѣ появленія (часть II, глава XI). Точно также, при затмѣніяхъ солнца и луны, остающаяся еще непокрытой свѣлая часть диска этихъ свѣтилъ, по оцѣнкѣ на глазъ, кажется намъ гораздо больше, чѣмъ даютъ непосредственныя измѣренія.

Здѣсь, повидимому, вполнѣ уместно упомянуть также о сабдушемъ явленіи на которое указываютъ нѣкоторые наблюдатели. Иногда въ зрительную трубу можно замѣтить вблизи солнца большое число весьма яркихъ и быстро двигающихся приблизительно въ одномъ и томъ же направленіи точекъ, которыя, вообще, весьма похожи на звѣзды, во время дневныхъ наблюденій, и при видѣ которыхъ, поэтому, нѣволью является мысль о необыкновенно обильномъ дождѣ падающихъ звѣздъ. Во время покрытія Венеры луною, 16 іюля 1844 года, К. Лигрову пришлось наблюдать подобное явленіе во всей его краѣ, причемъ онъ убѣдился, что оно обусловливалось отраженіемъ солнечныхъ лучей отъ пыльныхъ цвѣточныхъ сѣмянъ, переносимыхъ на весьма значительное разстояніе дувными въ то время вѣтрами.

Точно также неоднократно приходилось наблюдать, особенно въ южной Италіи, что въ полѣ зрѣнія трубы пролетало передъ самымъ дискомъ солнца огромное число земныхъ тѣлъ. Для нѣкоторыхъ изъ этихъ случаевъ Петерсъ доказалъ, что это были весьма удаленныя отъ наблюдателя стаи перелетныхъ птицъ. По изслѣдованіямъ Гершеля оказывается, что въ Индіи рои саранчи иногда являются причиной подобнаго же явленія.

Здѣсь же представляется вполнѣ удобный случай сказать нѣсколько словъ еще о другомъ замѣчательномъ явленіи, именно о кажущихся колебаніяхъ въ положеніи звѣздъ. Это явленіе было наблюдаемо еще А. Гумбольдтомъ въ Миланѣт. (Milans) на склонахъ Генерифскаго пика и позже, въ томъ же саночъ мѣстѣ, принцемъ прусскимъ Адальбертомъ; но болѣе подробно оно было изучено только Фогелемъ во время его путешествія по Африкѣ и особенно Швейцеромъ въ Москвѣ. Изслѣдованія этого послѣдняго показали, что кажущіяся колебанія въ положеніи звѣздъ бываютъ весьма различнаго рода. Иногда наблюдателю кажется, что звѣзда описываетъ кругъ или эллипсъ большихъ или меньшихъ размѣровъ; большая ось такого эллипса можетъ доходить до нѣсколькихъ градусовъ. Иногда же звѣзда перемѣщается по прямой линіи, напр., слѣва направо или сверху внизъ, до нѣкотораго положенія, въ которомъ она нѣсколько времени стоитъ неподвижно, послѣ чего она начинаетъ двигаться въ обратномъ направленіи снова до своего начальнаго положенія. Наконецъ, иной разъ звѣзда движется по совершенно неправильной кривой линіи, состоящей изъ нѣсколькихъ завитковъ и т. п.

Наиболѣе сильныя колебанія наблюдаются въ положенія звѣздъ, находящихся вблизи горизонта, особенно въ темную безлунную ночь. Въ этомъ случаѣ наблюдатель можетъ по своему желанію вызвать колебанія въ положеніи звѣзды, близкой къ горизонту, если будетъ смотрѣть на нее непрерывно въ теченіе долгаго времени и если, при этомъ, его глаза уже раньше были чѣмъ-нибудь утомлены. Поэтому Швейцеръ считаетъ это явленіе исключительно физиологическимъ и видитъ его причину въ чрезмѣрномъ утомленіи нашихъ глазъ. Такое объясненіе Швейцеръ считаетъ тѣмъ болѣе вѣроятнымъ, что ему неоднократно приходилось наблюдать подобныя же колебанія земныхъ предметовъ, наиримѣръ, отдаленныхъ уличныхъ фонарей и т. п.

§ 113. **Зодіакальный свѣтъ.** Зодіакальнымъ свѣтомъ называется подобное млечному пути слабое сіяніе, которое можно наблюдать, въ видѣ пирамиды, при окончаніи вечернихъ сумерекъ на западной чети небѣ и незадолго до наступленія утреннихъ сумерекъ на восточной, эта пирамида, покоясь своимъ основаниемъ на горизонтѣ, простирается приблизительно вдоль эклиптики.

Эта пирамида представляетъ собственно болѣе бросающуюся въ глаза и болѣе доступную для наблюденій часть зодіакальнаго свѣта. При благоприятныхъ обстоятельствахъ можно замѣтить вдоль эклиптики еще другое сіяніе подобнаго же вида, но гораздо меньшихъ размѣровъ и гораздо болѣе блѣдное; болѣе яркая часть этого сіянія занимаетъ на небесной сферѣ точку, прямо противоположную солнцу. Очень зоркій глазъ иногда замѣчаетъ еще крайне тѣмную свѣтлую полосу, соединяющую главное сіяніе зодіакальнаго свѣта съ только что упомянутымъ болѣе слабымъ, которое было открыто Брорсенемъ. Поэтому зодіакальный свѣтъ собственно представляетъ большую полосу свѣта, которая тянется вдоль всей окружности эклиптики. Въ двухъ мѣстахъ этой полосы свѣтъ достигаетъ наиболѣе напряженія: одно изъ этихъ мѣстъ совпадаетъ съ положеніемъ солнца, а другое лежитъ въ прямо противоположной ему точкѣ. Наконецъ, въ двухъ мѣстахъ, отстоящихъ отъ солнца приблизительно на  $130^\circ$  по окружности эклиптики въ ту и другую сторону, напряженность свѣта дѣлается наименьшей.

Наиболѣе яркая пирамида зодіакальнаго свѣта, возвышающаяся надъ горизонтомъ, въ наклонномъ къ нему положеніи, по вечерамъ на западѣ, а по утрамъ на востокѣ, въ тропическихъ странахъ можетъ быть наблюдаема почти одинаково хорошо въ теченіе цѣлаго

года. Въ среднихъ же широтахъ зодіакальный свѣтъ можно видѣть сравнительно рѣдко, такъ какъ онъ, располагаясь вдоль эклиптики, иногда занимаетъ на небесной сферѣ настолько низкое положеніе, что совершенно исчезаетъ въ туманѣ, который почти всегда бываетъ около горизонта. Это случается именно въ дѣтніе мѣсяцы, когда, къ тому же, продолжительныя сумерки являются значительнымъ препятствіемъ для наблюденія зодіакальнаго свѣта. Вечеромъ лучше всего можно видѣть зодіакальный свѣтъ въ нашихъ широтахъ въ февралѣ и мартѣ, когда онъ круто поднимается надъ горизонтомъ въ видѣ наклоненной въ лѣвую сторону пирамиды, которая проходитъ черезъ созвѣздія Рыбъ, Кита и Овна, и вершина которой доходитъ, приблизительно до Гладъ и Плеядъ. Утромъ лучше всего можно наблюдать зодіакальный свѣтъ, напротивъ того, въ октябрѣ, когда онъ проходитъ черезъ созвѣздія Льва, Рака и Близнецовъ.

Въ новѣйшее время неоднократно производились изслѣдованія зодіакальнаго свѣта при помощи спектральнаго анализа, и при этомъ было установлено, что его спектръ состоитъ изъ свѣтлой зеленой линіи, совпадающей, по всей вѣроятности, съ самой яркой спектральной линіей сѣвернаго сіянія, и изъ слабого непрерывнаго спектра, рѣзко обрѣкающагося на красномъ краю. Къ менѣе удовлетворительнымъ результатамъ привели изслѣдованія относительно поляризаціи (часть II, § 6) зодіакальнаго свѣта. Именно, Луэ (Liais) не могъ замѣтить въ зодіакальномъ свѣтѣ никакихъ слѣдовъ поляризаціи, между тѣмъ какъ Райтъ (Wright), который пользовался болѣе чувствительными инструментами и пришелъ при своихъ наблюденіяхъ всевозможныя мѣры предосторожности, пришелъ къ заключенію, что зодіакальный свѣтъ поляризованъ въ довольно сильной степени.

Вторая, болѣе слабая пирамита зодіакальнаго свѣта легче всего можетъ быть замѣчена въ мартѣ и апрѣлѣ, когда она лежитъ въ созвѣздіяхъ Льва и Девы; нѣсколько труднѣе наблюдать эту часть зодіакальнаго свѣта въ сентябрѣ и октябрѣ, когда она проходитъ черезъ созвѣздія Водолея и Рыбъ. Въ другое же время года ее весьма трудно отыскать на небесной сферѣ, такъ какъ она или занимаетъ весьма низкое положеніе, или лежитъ среди развѣтвленій млечнаго пути.

Въ среднихъ широтахъ различить ту свѣтлую полосу, которая соединяетъ главную пирамиду зодіакальнаго свѣта съ болѣе слабой его частью, можетъ лишь весьма зоркій глазъ и то только при необыкновенно прозрачномъ воздухѣ; въ тропическихъ же странахъ, какъ показали наблюденія Джонса (Jones), и эта полоска, по крайней мѣрѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ представляетъ явленіе, бросающееся въ глаза.

Что такое въ сущности представляетъ зодіакальный свѣтъ, это еще до сихъ поръ остается для насъ совершенно неизвѣстнымъ. До открытія второй болѣе слабой части зодіакальнаго свѣта, особенно распространена была гипотеза Кассини относительно его происхожденія. По этой гипотезѣ зодіакальный свѣтъ есть ни что иное, какъ солнечная атмосфера, имѣющая сильно приплюснутую форму и простирающаяся на далекое пространство. Въ повѣйшее время, Джонсъ и Хейль высказали предположеніе, что зодіакальный свѣтъ есть туманное кольцо, окружающее землю и свободно висящее въ пространствѣ между этой послѣдней и лунной орбитой. Но многія обстоятельства заставляютъ сомнѣваться въ правильности также и этой гипотезы. Наконецъ, Серпьері (Serpiery), послѣ весьма тщательнаго изученія прекрасныхъ наблюденій Джонса, пришелъ къ заключенію, что зодіакальный свѣтъ, такъ-же, какъ и сѣверное сіяніе, есть явленіе чисто земнаго происхожденія. Однако, и этотъ взглядъ требуетъ дальнѣйшаго подтвержденія, для чего необходимо произвести большое число наблюденій по соответственному, заранѣе выработанному плану. Замѣчательно, что такое бросающееся въ глаза явленіе впервые было наблюдаемо только въ срединѣ XVIII-го столѣтія, когда на него обратилъ вниманіе Чилдрей (Childrey)

## ГЛАВА XII.

## Употребленіе небснаго и земного глобусовъ и звѣздныхъ картъ.

## А. Небспый глобусъ.

§ 114. Устройство небснаго глобуса. Мы уже во введеніи (§ 3) упоминали, что, имѣя подъ руками такъ называемый глобусъ, можно скорѣе и легче составить себѣ вполне наглядное представленіе о небсныхъ и земныхъ кругахъ, и что на глобусѣ различными свойствами этихъ круговъ выступаютъ гораздо яснѣе, чѣмъ на рисункахъ и чертежахъ, лежащихъ въ плоскости бумаги. Кромѣ того, при помощи глобуса рѣшаются, хотя не очень точно, но за то весьма удобно, безъ всякаго вычисленія, многія задачи, касающіяся разнообразныхъ небсныхъ явленій.

Намъ кажется вполне уместнымъ, въ заключеніе настоящей, первой части нашихъ астрономическихъ бесѣдъ, указать главнѣйшія изъ этихъ задачъ. Такимъ образомъ, намъ придется въ краткихъ словахъ повторить многое изъ изложеннаго выше, что придется, какъ мы полагаемъ, большую пользу нашимъ читателямъ, которые послѣ этого уже смѣло могутъ перейти къ чтенію второй части нашего сочиненія, заключающей въ себѣ болѣе простую и болѣе интересную, такъ называемую описательную астрономію.

Изложивъ сначала, какимъ образомъ слѣдуетъ пользоваться глобусомъ, мы затѣмъ познакомимъ читателей съ звѣздными картами и со способомъ ихъ употребленія.

Глобусы бываютъ, какъ извѣстно, двухъ родовъ: небсные и земные. Небспый глобусъ представляетъ поверхность небснаго шара, а земной—поверхность земли. Рисунокъ 73 изображаетъ небспый глобусъ, центръ котораго предпологается совпадающимъ съ центромъ земли.

Небспый глобусъ состоитъ изъ шара, который въ двухъ прямо противоположныхъ точкахъ  $N$  и  $N'$  прикрѣпленъ штифтами къ раздѣленному на градусы металлическому кольцу  $NQZ'B$ , такъ что онъ можетъ свободно вращаться около линіи  $NN'$ , какъ около оси. Кольцо  $NQZ'B$

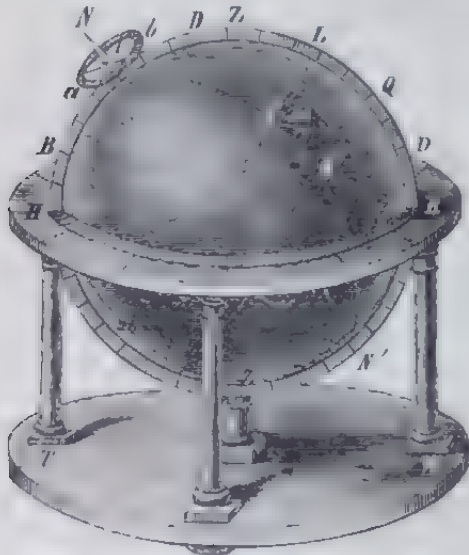


Рис. 73.

покоится на подставкѣ  $HTRW$ , верхняя часть которой оканчивается также раздѣленнымъ на градусы кольцомъ  $HR$ . Къ штифту, который проходитъ черезъ точку  $N$  и который вращается одновременно съ шаромъ, прикрѣпленъ указатель, перемѣщающійся по кругу  $ab$ , неизменно связанному съ металлическимъ кольцомъ  $NQZ'B$  и раздѣленному на 24 часа. Этотъ кругъ  $ab$ , ради краткости, называется розой.

Точки  $N$  и  $N'$  представляютъ полюсы міра, прямая линія  $NN'$ , проходящая черезъ центръ шара, ось міра. Въ равныхъ расстояніяхъ отъ обоихъ полюсовъ находится экваторъ  $AVQ$  (§ 5), а окружности малыхъ круговъ, проходящія черезъ точки  $L$  и  $D$ , изображаютъ небспыя параллели (§ 14). Окружность большого круга  $VLV$  представляетъ эклиптику (§ 11). Дуги  $NQ'N'$ ,  $N'LN$ , проходящія черезъ точки  $N$  и  $N'$  и, слѣдовательно, перпендикулярныя къ экватору, суть круги склоненій или часовые круги (§ 9). Пусть  $V$  есть точка весенняго равноденствія, а  $S'$ —какаянибудь звѣзда; проведемъ, дабы,

дугу  $S'L'$ , перпендикулярную къ эклиптикѣ. Въ такомъ случаѣ,  $VQ$  есть прямое восхождение,  $Q'S'$ —склоненіе,  $VL'$ —долгота и  $L'S'$ —широта звѣзды  $S'$ .

Металлическое кольцо  $NQZB$ , которое при всѣхъ положеніяхъ глобуса, совпадаетъ съ какимъ-нибудь кругомъ склоненія, представляетъ меридіанъ (§ 7), а кругъ  $HR$ —горизонтъ (§ 6) наблюдателя, зенитъ и надиръ котораго находятся соответственно въ точкахъ  $Z$  и  $Z'$ . Такимъ образомъ, мы представляемъ этого наблюдателя находящагося въ высшей точкѣ земнаго шара, въ которой поверхность этого послѣдняго пересѣкается съ земнымъ діаметромъ, проходящимъ, при своемъ продолженіи до встрѣчи съ небесной сферой, черезъ точки  $Z$  и  $Z'$ , подобно тому какъ и на самомъ дѣлѣ всякій наблюдатель воображаетъ себя находящимся въ высшей точкѣ земной поверхности.

§ 115. **Установка глобуса.** При установкѣ глобуса, такъ чтобы онъ въ данный моментъ представлялъ вѣрное изображеніе небесной сферы, или, какъ говорятъ, при его ориентировкѣ, необходимо соблюдать слѣдующія правила.

1) Прежде всего передвигаемъ металлическое кольцо  $BNZQ$  внутри горизонтальнаго круга  $HR$  вверхъ или внизъ до тѣхъ поръ, пока дуга  $HN$  не сдѣлается равной высоте полуса надъ горизонтомъ дѣльнаго мѣста, для чего и служатъ дѣленія кольца  $BNZQ$ . Вслѣдствіе этого, зенитъ  $Z$  мѣста наблюденія приходитъ въ совпаденіе съ наивысшей точкой глобуса.

2) Далѣе, отыскиваемъ въ таблицѣ, помѣщенной на горизонтальномъ кругѣ  $HR$ , долготу  $VL'$  солнца для даннаго дня: черезъ это опредѣляется та точка  $L'$  небесной сферы, въ которой въ этотъ день находится солнце. Затѣмъ вращаемъ глобусъ около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока эта точка  $L'$  не придетъ въ плоскость меридіана  $NQZB$ , оставаясь въ то же время надъ горизонтомъ  $HR$ . При этомъ положеніи глобуса, устанавливаемъ указатель розы на 0 или, что то же самое, на 12 часовъ.

3) Наконецъ, вращаемъ всю подставку вмѣстѣ съ глобусомъ до тѣхъ поръ, пока линія  $HR$  не совпадетъ приблизительно съ полуденной линіей (§ 7) мѣста наблюденія, такъ чтобы при этомъ точка  $H$  лежала къ сѣверу, а  $R$ —къ югу. Для этой цѣли въ подставку глобуса обыкновенно прикрѣпляется маленькая магнитная стрѣлка, безъ которой, впрочемъ, можно весьма легко обойтись, такъ какъ эта послѣдняя ориентировка никоимъ образомъ не требуетъ большой точности.

§ 116. **Задача, рѣшаемая при помощи небеснаго глобуса.** I. Воспроизвести видъ небесной сферы, какъ онъ представляется наблюдателю въ данный моментъ. Въ предыдущемъ параграфѣ мы показали, какимъ образомъ ориентируется глобусъ для данной географической широты и для даннаго полудня, иначе говоря, какимъ образомъ глобусъ приводится въ такое положеніе, при которомъ изображенныя на немъ созвѣздія принимаютъ для данной географической широты и для даннаго полудня, совершенно такое же расположеніе какъ и на небесной сферѣ. Именно, радіусъ глобуса проходящій черезъ изображеніе какой-нибудь звѣзды на его поверхности, будучи мысленно продолженъ до пересѣченія съ небесной сферой, на поверхности этой послѣдней встрѣчаетъ звѣзду, соответствующую упомянутому изображенію. Будемъ затѣмъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  въ направленіи съ востока на западъ, т. е. отъ  $Q$  къ  $V$  до тѣхъ поръ, пока указатель розы  $ab$  не дойдетъ послѣдовательно до  $6^h$ ,  $12^h$ ,  $18^h$  и т. д. Въ такомъ случаѣ на глобусѣ получается изображеніе небесной сферы для даннаго мѣста соответственно для 6 часовъ вечера, для полуночи, для 6 часовъ утра и т. д.

Установивъ такимъ образомъ глобусъ для даннаго часа ночи, мы можемъ воспользоваться имъ для того, чтобы узнать названія различныхъ созвѣздіи и отдѣльныхъ звѣздъ на небѣ. Для этого соединимъ, на глазъ, интересующую насъ звѣзду прямой линіей съ центромъ глобуса. Въ пересѣченіи этой линіи съ поверхностью глобуса и находится изо-



браженіе той звѣзды, названіе которой мы желаемъ знать. Такимъ образомъ, можно въ короткое время изучить все небо съ его красивыми созвѣздіями.

Кромѣ того, при помощи глобуса рѣшаются многія весьма интересныя задачи, изъ которыхъ важнѣйшія мы и разсмотримъ въ нижеслѣдующемъ изложеніи.

II. Найти околополярныя звѣзды для данного мѣста. Чтобы найти околополярныя звѣзды для данного мѣста, будемъ вращать около оси  $NN$  глобусъ, предварительно ориентированный для этого мѣста. Такимъ образомъ тотчасъ же опредѣлятся, на сѣверной части глобуса, всѣ тѣ звѣзды, которыя, при его вращеніи, никогда не исчезаютъ подъ горизонтомъ  $HR$ , а на южной тѣ, которыя постоянно остаются подъ этимъ горизонтомъ. Если мы, при вращеніи глобуса, будемъ неподвижно держать остро очиненный мѣлъ, прикавъ его къ поверхности глобуса въ тѣхъ точкахъ, гдѣ кольцо  $NQZB$  пересѣкается съ горизонтомъ  $HR$ , то мы вычертимъ на поверхности глобуса предѣльныя небесныя параллели, по которымъ движутся въ сѣверной части глобуса звѣзды, никогда не заходящія, а въ южной—никогда не восходящія.

III. Опредѣлить положеніе планеты или солнца среди неподвижныхъ звѣздъ. Прежде всего отыщемъ въ эфемеридахъ или въ какомъ-нибудь астрономическомъ календарѣ прямое восхожденіе и склоненіе интересующей насъ планеты, а затѣмъ отиѣтимъ на глобусѣ точку, опредѣляемую этими величинами; эта точка и представитъ положеніе планеты среди неподвижныхъ звѣздъ. Такъ, напр., мы находимъ, что 18-го Августа 1894 года геоцентрическое, т. е. видимое изъ центра земли прямое восхожденіе Сатурна составляло  $200^{\circ}20'$ , а южное склоненіе его равнялось  $6^{\circ}2'$ . Отмѣчая на глобусѣ точку, опредѣляемую этими величинами, мы убѣждаемся, что въ этотъ день Сатурнъ усматривался съ земли въ созвѣздіи Дѣвы, именно на  $4^{\circ}$  сѣвернѣе Спикки, самой яркой звѣзды этого созвѣздія.

Совѣршенно также опредѣляется и положеніе солнца среди неподвижныхъ звѣздъ. Но на горизонтальномъ кругѣ  $HR$  глобуса обыкновенно помѣщается таблица, въ которой дается долгота солнца на каждый день, такъ что въ этомъ случаѣ можно и не прибѣгать къ помощи эфемеридъ или астрономическаго календаря.

IV. Зная прямое восхожденіе и склоненіе какого-нибудь свѣтила, найти его долготу и широту. Чтобы по величинамъ, опредѣляющимъ положеніе какого-нибудь свѣтила относительно экватора, найти величины, опредѣляющія его положеніе относительно эклиптики, выходя имѣть особую раздѣленную на градусы и сдѣланную изъ тонкой жести дугу, радиусъ которой равенъ радиусу глобуса, такъ что ее можно приводить въ совпаденіе съ окружностью любого большаго круга на глобусѣ. За вычѣснемъ такой дуги, можно воспользоваться также раздѣленной на градусы, узкой полоскою бумаги, которая располагается по окружности большаго круга, если ее плотно приложить къ поверхности глобуса.

Въ предыдущемъ примѣрѣ, прямое восхожденіе Сатурна составляло  $200^{\circ}20'$ , а южное склоненіе равнялось  $6^{\circ}2'$ . Если мы положимъ выше упомянутую полоску бумаги на поверхность глобуса, такъ чтобы она проходила черезъ точку, опредѣляемую этими величинами, и черезъ полюсъ эклиптики, то она приметъ положеніе, перпендикулярное къ эклиптикѣ (Вѣст. § 2). Въ такомъ случаѣ, отсчетъ, сдѣланный на глобусѣ при той точкѣ эклиптики, въ которой эта послѣдняя пересѣкается съ полоскою бумаги, выразитъ долготу, а отсчетъ, сдѣланный на самой полоскѣ при той ея точкѣ, которая совпадаетъ съ положеніемъ планеты, широту Сатурна. Въ нашемъ примѣрѣ мы находимъ, что долгота Сатурна составляетъ  $131^{\circ}41'$ , а сѣверная широта его равняется  $0^{\circ}41'$ .

Подобнымъ же образомъ можно и обратно, зная долготу и широту свѣтила, найти его прямое восхожденіе и склоненіе.

V. Опредѣлить время восхода и захода солнца. Ориентировавъ глобусъ для данной географической широты и для полудня данного числа по правиламъ, изложеннымъ

въ § 115, будемъ вращать его около оси  $NN'$ , съ запада на востокъ, до тѣхъ поръ пока та точка эклиптики, въ которой въ этотъ день находится солнце, не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца  $HR$ . Въ этомъ положеніи глобуса, отсчесть противъ котораго стоитъ указатель розы  $ab$ , выражаетъ время восхода солнца. Одновременно съ этимъ, на горизонтальномъ кольцѣ  $HR$  глобуса можетъ быть отсчитано угловое разстояніе той точки, въ которой въ этотъ день восходитъ солнце, отъ истинной точки востока. Совершенно такимъ-же образомъ, вращая глобусъ около оси  $NN$  съ востока на западъ, мы опредѣлимъ время захода солнца. Такъ, 1 Мая 1894 года долгота солнца составила  $41^{\circ}2'$ ; поэтому, въ Вѣнѣ въ этотъ день время восхода солнца равнялось  $4^h46^m$  утра, а время захода —  $7^h11^m$  вечера. Кромѣ того, угловое разстояніе между тѣми точками горизонта, въ которыхъ солнце восходило и заходило въ этотъ день, и истинными точками востока и запада получается равнымъ  $21^{\circ}30'$ .

VI. Опредѣлить времена кульминаціи, восхода и захода какого-нибудь свѣтила. Ориентировавъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115, и отыскавъ на немъ положеніе даннаго свѣтила (смотри задачу III), будемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока та его точка, которая представляетъ положеніе свѣтила, не придетъ въ плоскость кольца  $NZQZ'$ , оставаясь вмѣстѣ съ тѣмъ надъ горизонтомъ  $HR$ . Отсчесть, сдѣланный, при этомъ положеніи глобуса, на розѣ  $ab$ , выражаетъ время кульминаціи свѣтила (Введ. § 16). Если мы будемъ вращать глобусъ около оси  $NN$  до тѣхъ поръ, пока точка, представляющая на поверхности глобуса положеніе свѣтила, не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца  $HR$ , одинъ разъ на восточной части глобуса, другой разъ на западной, то мы, подобнымъ же образомъ, получимъ время восхода и захода свѣтила. Для примѣра, найдемъ для Вѣны времена кульминаціи, восхода и захода луны 11 мая 1834 года. Въ этотъ день долгота солнца была  $50^{\circ}24'$ ; прямое восхожденіе луны въ полдень равнялось  $79^{\circ}28'$ , а сѣверное склоненіе ея  $22^{\circ}30'$ . На основаніи этихъ данныхъ находимъ, что въ Вѣнѣ въ этотъ день луна проходила черезъ меридианъ или иначе говоря, кульминировала въ  $2^h46^m$  пополудни. время ея восхода равнялось  $6^h24^m$  утра и время захода  $10^h38^m$  вечера.

VII. Опредѣлить день, когда восходъ и заходъ данной звѣзды будутъ космическими. Если въ какой-нибудь день года данная звѣзда восходитъ и заходитъ одновременно съ солнцемъ, то ея восходъ и заходъ называются космическими.

Чтобы опредѣлить, въ какой день для даннаго мѣста земной поверхности восходъ и заходъ данной звѣзды будутъ космическими, ставемъ вращать глобусъ, ориентированный для данной географической широты, около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока интересующая насъ звѣзда не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца  $HR$ , оставаясь при этомъ на восточной части глобуса, и затѣмъ замѣтимъ отсчесть при той точкѣ эклиптики, которая, одновременно со звѣздой, лежитъ въ плоскости горизонта  $HR$  и также на восточной сторонѣ глобуса. Этотъ отсчесть выражаетъ долготу солнца для того дня, когда звѣзда восходитъ въ одно время съ солнцемъ. Поэтому, пользуясь астрономическимъ календаремъ или таблицей, помѣщенной на горизонтальномъ кольцѣ  $HR$  глобуса, мы безъ труда опредѣлимъ искомый день, когда восходъ и заходъ звѣзды будутъ космическими. Замѣная отсчесть при той точкѣ эклиптики, которая, находясь одновременно со звѣздой въ плоскости горизонта  $HR$ , лежитъ на западной части глобуса, мы опредѣлимъ, подобнымъ же образомъ, тотъ день, когда восходъ и заходъ звѣзды будутъ, какъ говорятъ, ахроническими.

VIII. Опредѣлить высоту и азимуть звѣзды для даннаго мѣста и для даннаго момента. Ориентировавъ глобусъ для данной географической широты и для даннаго часа (см. задачу I), наложимъ на эту поверхность упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она, проходя черезъ звѣзду, азимуть и высоту которой мы хотимъ опредѣлить, и черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ наблюдателя, была пер-

пендикулярна къ горизонту  $HR$ . Въ такомъ случаѣ, отсечь при той точкѣ горизонта, въ которой этотъ послѣдній чересѣкается съ бумажной полоской, выразить азимуть звѣзды, а отсечь, сдѣланный на самой полоскѣ,—ея высоту (Введ. § 8).

IX. Найти звѣздное время, соответствующее данному среднему. Ориентировавъ глобусъ для данной географической широты и для данного средняго времени (см. задачу I), сдѣлаемъ отсечь при той точкѣ экватора, которая лежитъ въ плоскости кольца  $NZQZ'$ , оставаясь вмѣстѣ съ тѣмъ надъ горизонтомъ  $HR$ . Этотъ отсечь и выражаетъ звѣздное время, соответствующее данному среднему. Такъ, напр., мы находимъ, что 1 мая для четырехъ часовъ пополудни средняго вѣснаго времени упомянутой отсечь разницъ  $98^{\circ}45'$ . Это есть такъ называемое прямое восхожденіе зенита мѣста наблюденія; обращая его во время (Введ. § 1), находимъ, что искомое звѣздное время равно  $6^{\text{h}}35^{\text{m}}$ .

X. Найти день, когда солнце восходитъ и заходитъ въ опредѣленное, заранее заданное время. Положимъ, напр., что требуется узнать, въ какой день солнце въ Вѣнѣ заходитъ въ  $5^{\text{h}}$ . Ориентировавъ глобусъ для географической широты Вѣны, приведемъ какой-нибудь кругъ склоненій въ плоскость кольца  $NZQZ'$  и поставимъ указатель розы  $ab$  на  $12^{\text{h}}$ . Затѣмъ станемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$ , съ востока на западъ, до тѣхъ поръ, пока указатель розы не передвинется на  $5^{\text{h}}$ , и замѣтимъ ту точку вышеупомянутого круга склоненій, которая, при этомъ положеніи глобуса, лежитъ въ плоскости горизонта  $HR$ . Очевидно, что солнце заходитъ въ  $5^{\text{h}}$  тогда, когда его склоненіе равно склоненію этой точки. Поэтому, повернемъ глобусъ около оси, съ запада на востокъ, такъ чтобы эта точка снова пришла въ плоскость кольца  $NZQZ'$ , на которомъ мы и можемъ непосредственно отсчитать ея склоненіе. Въ нашемъ случаѣ южное склоненіе этой точки получается равнымъ  $12^{\circ}54'$ . Затѣмъ, вращаемъ глобуса, приведемъ въ плоскость кольца  $NZQZ'$  ту точку эклиптики, которой соответствуетъ найденное нами склоненіе, отсчитавъ долготу этой точки и отыщемъ въ помѣщенной на горизонтальномъ кольцѣ  $HR$  таблицѣ, въ какой день солнце имѣетъ такую долготу. Поступая подобнымъ образомъ въ нашемъ случаѣ, мы находимъ, что южное склоненіе солнца равняется  $12^{\circ}54'$  два раза въ году, именно 15 февраля и 27 октября.

XI. Опредѣленіе времени. Одну изъ самыхъ важныхъ задачъ астрономіи представляетъ опредѣленіе времени, которому соответствуетъ то или другое наблюденіе, такъ какъ мы уже знаемъ, что, напр., высота, азимуть и часовой уголъ любого свѣтила изменяются съ каждымъ мгновениемъ. Поэтому, астрономъ, измѣрившій съ величайшею точностью, напр., высоту солнца или какого-нибудь другого свѣтила, только въ томъ случаѣ можетъ считать свое наблюденіе имѣющимъ цѣну, если онъ имѣетъ съ тѣмъ въ состояніи указать, съ меньшей точностью, время, соответствующее этому наблюденію.

Время дается, какъ известно, нашими часами. Однако эти часы должны идти безукорынно, чтобы ими можно было пользоваться для нашей цѣли. Какимъ же образомъ можемъ мы узнать, идутъ ли часы, въ дѣйствительности, настолько хорошо, чтобы можно было довѣрять ихъ показанію при самыхъ точныхъ изслѣдованіяхъ и наблюденіяхъ?

Этотъ вопросъ, который мы касались уже выше, именно въ § 98, впоследствии будетъ подробно разъясненъ на примѣрѣ (часть IV); поэтому, здѣсь мы не будемъ останавливаться на немъ. Замѣтимъ только, что время легче и проще всего опредѣляется изъ наблюденій высотъ свѣтилъ небесныхъ.

Положимъ, что 30 июля послѣ полудня въ Вѣнѣ была измѣрена при помощи квадранта (Введ. § 19) высота солнца, которая оказалась равной  $29^{\circ}15'$ , и что въ это время часы показывали  $4^{\text{h}}30^{\text{m}}$ . Зная, что географическая широта Вѣны составляетъ  $48^{\circ}14'$ , и что долгота солнца 30 июля равна  $127^{\circ}1'$ , ориентируемъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115. Затѣмъ станемъ вращать его около оси  $NN'$ , съ востока на западъ, до тѣхъ поръ, пока высота той точки эклиптики, которая изображаетъ положеніе солнца въ этотъ

день, не достигнуть величины  $29^{\circ}15'$ , что мы можем измѣрить при помощи упомянутой въ задачѣ IV бумажной полоски. Если отчетъ, сдѣланный при этомъ положеніи глобуса по указателю розы, выражается числомъ  $4^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , то искомое истинное время, соответствующее моменту наблюденія, равняется  $4^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , и, слѣдовательно, въ этотъ моментъ часы были на  $3^{\text{m}}$  впереди противъ истиннаго времени.

Для той же самой цѣли мы можемъ воспользоваться также наблюденіями неподвижныхъ звѣздъ. Чтобы пояснить это примѣромъ, возьмемъ наблюденіе, произведенное знаменитымъ путешественникомъ Нибуромъ 11 октября 1761 года въ Александріи. Именно, при помощи своего квадранта, онъ нашелъ, что вечеромъ, въ тотъ моментъ, когда его часы показывали  $10^{\text{h}}47^{\text{m}}$ , высота Альдебарана, самой яркой звѣзды въ созвѣздіи Тельца, равнялась  $28^{\circ}34'$ , при чемъ звѣзда находилась на восточной сторонѣ неба. Чтобы пайти время, соответствующее этому наблюденію, или, что то же самое, чтобы найти поправку часовъ, по которымъ это наблюденіе было произведено, ориентуемъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115, для чего намъ надо знать, что географическая широта Александріи составляетъ  $31^{\circ}12'$ , и что въ день наблюденія долгота солнца равнялась  $197^{\circ}16'$ . Затѣмъ наложимъ на поверхность глобуса, упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ мѣста наблюденія, и черезъ ту точку, которая служитъ изображеніемъ Альдебарана, и станемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  съ востока на западъ до тѣхъ поръ, пока высота второй изъ упомянутыхъ точекъ надъ горизонтомъ  $HR$  глобуса не сдѣлается равной  $28^{\circ}34'$ . Отчетъ, сдѣланный при этомъ положеніи глобуса по указателю розы и равный  $10^{\text{h}}49^{\text{m}}$ , вмѣстѣ съ тѣмъ, выражаетъ также истинное время, соответствующее моменту наблюденія, и потому часы въ моментъ наблюденія отставали отъ истиннаго времени на  $2^{\text{m}}$ .

Какимъ образомъ, зная истинное время, соответствующее какому-нибудь наблюденію, опредѣлить также среднее и звѣздное время, соответствующее тому же самому наблюденію, объ этомъ мы уже говорили выше (§§ 96 и 97).

XII. Употребленіе экватора вмѣсто розы. Всѣ разсмотрѣнныя выше задачи рѣшаются при помощи глобуса, во всякомъ случаѣ, не съ такою большою точностью, какой можно достигнуть при помощи тригонометрическихъ вычисленій. Но такъ какъ весьма часто требуется получить тотъ или другой результатъ лишь приближенно, и такъ какъ нерѣдко играетъ весьма важную роль ясное и наглядное представленіе интересующаго насъ явленія, то мы считаемъ не лишнимъ замѣтить, что, черезъ употребленіе экватора вмѣсто розы, при рѣшеніи предыдущихъ задачъ при помощи глобуса, можно достигнуть гораздо большей точности. Роза на многихъ глобусахъ бываетъ настолько мала, что на ней съ увѣренностью можно отсчитывать время не болѣе, какъ до 10 минутъ; между тѣмъ какъ экваторъ обыкновенно представляетъ прекрасно раздѣленный кругъ, такъ что на большихъ и тщательно сдѣланныхъ глобусахъ можно, пользуясь экваторомъ, опредѣлять время съ точностью до 2 или 3 минутъ.

Чтобы пояснить сказанное примѣромъ, покажемъ, какимъ образомъ ориентуется глобусъ для данной географической широты и для даннаго времени. Положимъ, что требуется установить глобусъ такъ, чтобы онъ въ точности представлялъ видъ неба для Вѣны для 9 часовъ утра 30 іюля 1894 года.

Для этого, придерживаясь правилъ, изложенныхъ въ задачѣ I, мы можемъ поступить такъ. Прежде всего ориентуемъ глобусъ для широты Вѣны, затѣмъ приводимъ въ плоскость кольца  $NZQZ$  ту точку эклиптики, въ которой въ этотъ день находится солнце и долгота которой въ нашемъ случаѣ равна  $127^{\circ}13'$ , и ставимъ указатель розы на  $12^{\text{h}}$ ; наконецъ вращаемъ глобусъ около оси  $NN'$  съ запада на востокъ до тѣхъ поръ, пока указатель розы не дойдетъ до  $9^{\text{h}}$ .

Но чтобы достигнуть большей точности, мы можемъ, при рѣшеніи нашей задачи, упо-

требить следующие приемы. Прежде всего, какъ и раньше, ориентируемъ глобусъ для широты Вены: загнемъ, приводимъ въ плоскость кольца  $NZQZ$  ту точку экватора, прямое восхождение которой равно прямому восхождению солнца для данного дня. Въ нашемъ случаѣ это прямое восхождение составляетъ  $8^h32^m$  или  $128^\circ$ . Такимъ образомъ, глобусъ будетъ ориентированъ для полудня 30 июля 1894 года. Чтобы ориентировать его для 9<sup>ч</sup> утра, будемъ его вращать около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока въ плоскость кольца  $NZQZ$  не придетъ та точка экватора, прямое восхождение которой равно  $5^h32^m$  или  $83^\circ$ . Если бы мы хотѣли ориентировать глобусъ для 10<sup>ч</sup> вечера, то намъ следовало бы вращать глобусъ до тѣхъ поръ, пока въ плоскость кольца  $NZQZ'$  не пришла бы та точка экватора, прямое восхождение которой равняется  $18^h32^m$  или  $278^\circ$  и т. д. Если мы, въ этомъ положеніи глобуса, положимъ на его поверхность упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ наблюдателя, и черезъ какую-нибудь звѣзду, то мы опредѣлимъ, такимъ образомъ, высоту этой звѣзды надъ горизонтомъ Вены для 10<sup>ч</sup> вечера 30 июля. Подобнымъ же образомъ рѣшаются и всѣ другія разсмотрѣнныя выше задачи.

### В. Земной глобусъ

§ 117. Задачи, рѣшаемыя при помощи земного глобуса. \* Устройство земного глобуса совершенно такое же, какъ и небеснаго (рис. 73, стр. 164). На земномъ глобусѣ точки  $N$  и  $N'$  представляютъ земные полюсы, линия  $NN'$ , проходящая черезъ эти точки, — земную ось (Введ., § 5). Окружность большого круга  $AVQ$  есть земной экваторъ; окружности малыхъ круговъ, проходящія черезъ точки  $L$  и  $D$ , суть земныя параллели (Введ. § 14). Окружности большихъ круговъ  $NQN$ ,  $NQ'N$ ,  $NVN$  и т. д., перпендикулярныя къ экватору  $AVQ$ , суть земныя меридианы (Введ., § 12). Раздѣленное на градусы кольцо  $NZQZ$  называется меридіаномъ глобуса; плоскость этого кольца всегда совпадаетъ съ плоскостью меридіана высшей точки  $Z$  на глобусѣ. Плоскость раздѣленного кольца  $HR$ , называемаго горизонтомъ глобуса, есть ни что иное, какъ плоскость истиннаго горизонта мѣста  $Z$  (Введ. § 6). Если  $S'$  есть какое-нибудь мѣсто, лежащее въ сѣверномъ полушаріи земного глобуса, то дуга  $S'Q'$ , перпендикулярная къ экватору, выражаетъ сѣверную широту этого мѣста, а дуга, считаемая по окружности экватора отъ той точки, гдѣ этотъ послѣдній пересѣкается съ первымъ меридіаномъ, до точки  $Q'$ , въ которой экваторъ пересѣкается съ меридіаномъ данного мѣста  $S'$ , выражаетъ географическую долготу этого мѣста (Введ., § 12). Къ кольцу  $NZQZ'$  прикрѣплена, какъ и на небесномъ глобусѣ, такъ называемая роза  $ab$ , раздѣленная на 24 часа.

Посмотримъ же, какія задачи рѣшаются при помощи земного глобуса. \*

I. Времена года. Поставимъ по серединѣ круглаго, не особенно большого стола, находящагося въ темной комнатѣ, лампу или свѣчу или вообще какой-нибудь источникъ свѣта, высота пламени котораго надъ поверхностью стола нѣсколько больше радіуса глобуса. Загнемъ будемъ передвигать по краю стола глобусъ такъ, чтобы, во первыхъ, его центръ и пламя лампы или свѣчи постоянно находились въ одной и той-же плоскости и, во вторыхъ, ось вращения  $NN'$  глобуса, постоянно сохраняя одинъ и тотъ-же наклонъ въ плоскости стола, равный приблизительно  $66^h32'$ , была, следовательно, направлена постоянно въ одну и ту-же точку небесной сферы или, иначе говоря, оставалась все время параллельной самой себѣ. При такомъ движеніи глобуса, мы будемъ наблюдать на его поверхности всѣ тѣ явленія, которыя происходятъ на поверхности земли вълѣдствіе сѣмны временъ года. При этомъ, въ нѣкоторый моментъ глобусъ будетъ занимать на краю стола такое положеніе, при которомъ сѣверный полюсъ  $N$  оси вращения  $NN'$  обращенъ къ источнику свѣта, изображающему солнце. Это положеніе глобуса соответствуетъ на рисункѣ 26 (стр. 65) положенію  $B$ , гдѣ  $p$  обозначаетъ сѣверный полюсъ земли, а окружность боль-

ного круга  $aa$  — экваторъ. Если мы теперь станемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$ , то мы увидимъ, что сѣверный полюсъ  $N$  остается все время на обращенной къ солнцу и потому освѣщенной половинѣ земнаго шара, между тѣмъ какъ южный полюсъ  $N'$ , напротивъ того, постоянно находится, при этомъ вращеніи, на темномъ, неосвѣщенномъ полушаріи земли. Поэтому, разсматриваемое нами положеніе глобуса представляетъ то положеніе земли, которое она занимаетъ на своей орбитѣ въ серединѣ іюня, т. е. въ началѣ лѣта въ сѣверномъ полушаріи. Вращая глобусъ около оси, мы нагляднымъ образомъ убѣждаемся въ томъ, что въ это время солнце для жителей странъ, лежащихъ вблизи сѣвернаго полюса, совсѣмъ не заходитъ, въ мѣстахъ же, находящихся недалеко отъ южнаго полюса, совсѣмъ не восходитъ. Далѣе, въ сѣверномъ полушаріи въ это время тень длиннѣе ночи, и продолжительность дня тѣмъ больше, чѣмъ далѣе отъ экватора лежитъ данное мѣсто, иначе говоря чѣмъ больше его географическая широта, въ южномъ же полушаріи имѣютъ мѣсто прямо противоположныя явленія.

Передвинемъ глобусъ по столу въ другое положеніе, отстоящее отъ перваго на четверть окружности всего стола; это второе положеніе соответствуетъ на рисункѣ 26 положенію  $C$ . Такъ какъ ось  $NN'$  глобуса, при движеніи этого послѣдняго, постоянно остается параллельной самой себѣ, то оба земные полюса, въ настоящемъ положеніи глобуса, лежатъ на окружности большаго круга, отдѣляющаго освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной. Вращая глобусъ около оси  $NN'$ , мы убѣждаемся, что въ это время для всѣхъ мѣстъ земнаго шара день равенъ ночи, и что, слѣдовательно, разсматриваемое положеніе глобуса изображаетъ то положеніе земли, которое она занимаетъ на своей орбитѣ въ началѣ осени въ нашемъ сѣверномъ полушаріи, т. е. въ серединѣ сентября.

При дальнѣйшемъ перемѣщеніи по краю стола, глобусъ займетъ черезъ нѣкоторое время положеніе, прямо противоположное первому изъ выше разсмотрѣнныхъ положеній и соответствующее на рисункѣ 26 положенію  $D$ . Такъ какъ сѣверный полюсъ  $N$  въ этомъ положеніи глобуса обращенъ въ сторону, противоположную солнцу, то этотъ полюсъ, при вращеніи глобуса, все время остается на неосвѣщенномъ полушаріи земли, между тѣмъ какъ южный полюсъ  $N'$ , наоборотъ, постоянно лежитъ на освѣщенной части земнаго шара. Жители странъ, лежащихъ вблизи южнаго полюса, въ это время усматриваютъ солнце постоянно надъ своимъ горизонтомъ; въ мѣстахъ же, находящихся недалеко отъ сѣвернаго полюса, солнце, наоборотъ, все время остается подъ горизонтомъ. Въ сѣверномъ полушаріи дни короче ночей, въ южномъ — наоборотъ. Такое положеніе земля занимаетъ на своей орбитѣ въ серединѣ декабря, и въ это время въ сѣверномъ полушаріи начинается зима, а въ южномъ — лѣто.

Будемъ, затѣмъ, передвигать глобусъ по краю стола до тѣхъ поръ, пока онъ не займетъ положенія, прямо противоположнаго второму изъ выше разсмотрѣнныхъ положеній и соответствующаго на рисункѣ 26 положенію  $A$ . Въ этомъ новомъ положеніи глобуса, окружность большаго круга, отдѣляющаго освѣщенную часть земнаго шара отъ неосвѣщенной, снова проходитъ черезъ оба земные полюса, и въ это время опять день равенъ ночи на всей землѣ. Такое положеніе земля занимаетъ въ серединѣ марта, т. е. въ началѣ весны въ сѣверномъ полушаріи.

Такимъ образомъ мы можемъ, пользуясь глобусомъ, представить до мельчайшихъ подробностей всѣ гдѣ явленія, которыя происходятъ на поверхности земнаго шара вслѣдствіе смѣны времени года.

II. Опредѣленіе положенія даннаго мѣста на поверхности земли, опредѣленіе взаимнаго разстоянія между двумя точками земнаго шара и т. д. Условимъ глобусъ такъ, чтобы угловое возвышеніе сѣвернаго полюса  $N$  надъ плоскостью горизонта  $HR$  равнялось географической широтѣ даннаго мѣста, напр. Вены, и затѣмъ будемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока данное мѣсто не придетъ въ

плоскость меридиана глобуса, т. е. въ плоскость кольца  $NZQZ'$ . Въ такомъ случаѣ, это мѣсто займетъ высшую точку глобуса, и мы сразу можемъ обозрѣть тѣ страны и моря, которыя лежатъ въ плоскости истиннаго горизонта (Введ. § 6) наблюдателя, страны, обитаемыя его агиподами, тѣ мѣста, которыя находятся на одной параллели (Введ., § 14) съ даннымъ мѣстомъ и т. д.

Чтобы опредѣлить взаимное разстояніе между двумя мѣстами на земномъ шарѣ, напр., разстояніе между Вѣной и Парижемъ, положимъ на глобусъ выше упомянутую (§ 116, IV) раздѣленную на градусы бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ оба данныхъ мѣста, и отсчитаемъ на ней число градусовъ, заключающихся въ дугѣ большого круга, проходящей черезъ эти мѣста. Умноживъ это число на 15, мы получимъ искомое разстояніе въ географическихъ миляхъ (§ 7). Если же мы желаемъ выразить его въ километрахъ, то мы должны отсчитанное число градусовъ умножить на 111,3.

Географическая широта любого мѣста на земномъ шарѣ можетъ быть отсчитана непосредственно на раздѣленномъ кольцѣ  $NZQZ'$ , если предварительно данное мѣсто вращеніемъ глобуса приведено въ плоскость этого кольца. Чтобы найти разность географическихъ долготъ двухъ мѣстъ, мы должны, приведя вращеніемъ глобуса оба эти мѣста, послѣдовательно одно за другимъ, въ плоскость кольца  $NZQZ'$ , сдѣлать въ обоихъ случаяхъ отсчеты по указателю розы  $ab$  и затѣмъ составить разность этихъ отсчетовъ. Такъ, напр., если соответственные отсчеты для Парижа и Вѣны выражаются числами  $4^h30^m$  и  $5^h26^m$ , то географическая долгота Вѣны относительно Парижа равна  $0^h56^m$  во времени или  $14^{\circ}0'$  въ дугѣ, и такъ какъ Вѣна лежитъ къ востоку отъ Парижа, то въ любой моментъ вѣнское время находится на  $0^h56^m$  впереди противъ парижскаго времени. Совершенно также, пользуясь глобусомъ, мы находимъ, что разность долготъ между Парижемъ и Пекиномъ составляетъ  $7^h36^m$ , и что, следовательно, въ тотъ моментъ, когда въ Парижѣ считается полдень, въ Пекинѣ часы должны показывать уже  $7^h36^m$  вечера.

III. Опредѣленіе времени восхода и захода солнца. За неизмѣнѣмъ небснаго глобуса, можно рѣшить большую часть выше разсмотрѣнныхъ астрономическихъ задачъ, относящихся къ небеснымъ свѣтиламъ, также при помощи земного глобуса. Для этой цѣли на земныхъ глобусахъ обыкновенно проводится эклиптика, хотя собственно для земного глобуса она совершенно не нужна, и въ дѣйствительности весьма легко можно обойтись безъ нея, какъ это мы сейчасъ покажемъ на примѣрѣ.

Положеніе солнца на его орбитѣ для любого дня года опредѣляется долготой этого свѣтила, которую мы можемъ взять или изъ особой таблички, помѣщенной для этой цѣли на горизонтѣ  $HR$  глобуса, или изъ какого-нибудь астрономическаго календаря. Далѣе, ориентируемъ глобусъ для данной географической широты, будемъ вращать его до тѣхъ поръ, пока въ плоскость меридиана  $NZQZ'$  не придетъ та точка эклиптики, въ которой въ данный день находится солнце, затѣмъ установимъ указатель розы на  $12^h$  и, вообще, будемъ поступать съ земнымъ глобусомъ совершенно такъ же, какъ мы поступали съ небеснымъ глобусомъ при опредѣленіи времени восхода и захода солнца (§ 116, V).

Но можно, не прибѣгая къ помощи эклиптики, рѣшить эту задачу также слѣдующимъ образомъ. Возьмемъ изъ астрономическаго календаря склоненіе солнца для данного дня. Говя, напр., 1 мая 1894 года это склоненіе равнялось  $15^{\circ}9'$ . Затѣмъ будемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока въ плоскость меридиана  $NZQZ'$  не придетъ какое-нибудь мѣсто, географическая широта котораго приблизительно равна склоненію солнца. Въ нашемъ случаѣ такимъ мѣстомъ мы можемъ считать Гоа въ Остѣ-Индіи. Итакъ, приведемъ Гоа въ плоскость кольца  $NZQZ'$ , установимъ указатель розы на  $12^h$  и ориентируемъ глобусъ для географической широты Вѣны, равной  $48^{\circ}14'$ . Затѣмъ, будемъ вращать глобусъ около оси  $NN'$  съ запада на востокъ до тѣхъ поръ, пока Гоа не придетъ въ плоскость горизонта  $HR$ . Замѣчая тотъ отсчетъ, противъ котораго останавливается въ атомъ

случаѣ указатель розы, мы находимъ въ нашемъ примѣрѣ, что солнце въ этотъ день восходитъ въ Вѣнѣ въ  $4^{\text{h}}46^{\text{m}}$  утра. Подобнымъ же образомъ, вращая глобусъ съ востока на западъ, мы находимъ, что въ этотъ день солнце заходитъ въ Вѣнѣ въ  $7^{\text{h}}11^{\text{m}}$  вечера. Совершенно такой-же результатъ мы получили и выше (§ 116, V).

Точно также могутъ быть рѣшены задачи VI и VII, разсмотрѣнныя въ § 116. Для этой цѣли солнце и другое свѣтло, для котораго мы желаемъ опредѣлить времена восхода и захода, надо замѣнить двумя надлежащимъ образомъ выбранными точками земного глобуса.

IV. Какимъ образомъ земля освѣщается солнцемъ въ данный моментъ. Чтобы показать на примѣрѣ, какъ рѣшается при помощи глобуса эта задача, представимъ освѣщеніе земли солнцемъ 7 ноября 1894 года въ полдень по вѣнскому времени. Въ астрономическихъ эфемеридаль мы находимъ, что въ этотъ день южное склоненіе солнца было равно  $16^{\circ}22'$ . Поэтому, установимъ глобусъ такъ, чтобы угловое возвышеніе южнаго полюса  $N$  надъ плоскостью горизонта  $HR$  было равно  $16^{\circ}22'$ . Если бы склоненіе солнца въ данный день было сѣверное, то глобусъ слѣдовало бы установить такъ, чтобы угловое возвышеніе сѣвернаго полюса  $N$  надъ плоскостью горизонта  $HR$  равнялось склоненію солнца. Установивъ такимъ образомъ глобусъ, будемъ вращать его около оси  $NN'$  до тѣхъ поръ, пока Вѣна не придетъ въ плоскость кольца  $NZQZ$ , и поставимъ указатель розы на  $12^{\text{h}}$ . При этомъ положеніи глобуса, солнце находится въ безконечномъ удаленіи отъ него въ направленіи того радіуса, который проходитъ черезъ высшую точку глобуса. Поэтому, въ тотъ моментъ, когда въ Вѣнѣ считается полдень, все полушаріе земли, лежащее надъ горизонтомъ  $HR$  глобуса, освѣщено солнцемъ; другое же полушаріе, находящееся въ этотъ моментъ подъ горизонтомъ  $HR$ , не получаетъ непосредственно отъ солнца ни одного луча и, слѣдовательно, пребываетъ во мракѣ ночи. Въ этотъ моментъ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, которыя находятся на окружности большаго круга, получающагося въ пересѣченіи глобуса съ плоскостью кольца  $NZQZ$ , считается или полдень, если это мѣсто лежитъ на освѣщенномъ полушаріи, между южнымъ полюсомъ и точкой юга, или полночь, если оно расположено на неосвѣщенной половинѣ глобуса, между сѣвернымъ полюсомъ и точкой сѣвера. Далѣе, для жителей странъ, лежащихъ на восточной сторонѣ горизонта  $HR$ , солнце въ этотъ моментъ заходитъ; въ мѣстахъ же, находящихся на западной сторонѣ горизонта, оно восходитъ.

Если мы желаемъ видѣть, какимъ образомъ освѣщается поверхность всего земнаго шара въ тотъ моментъ, когда въ Вѣнѣ считается  $6^{\text{h}}$  вечера, то мы должны повернуть глобусъ около оси  $NN'$  съ востока на западъ настолько, чтобы указатель розы остановился противъ  $6^{\text{h}}$ . Во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ при этомъ положеніи глобуса въ плоскости кольца  $NZQZ$ , опять считается, подобно предыдущему, либо полдень, либо полночь для жителей мѣстъ, находящихся въ плоскости горизонтальнаго кольца  $HR$ , въ этотъ моментъ солнце либо заходитъ, либо восходитъ. Если мы, вращая глобусъ, заставимъ его совершить полный оборотъ около оси  $NN'$ , то съ высшей точкой глобуса, отстоящей на  $16^{\circ}22'$  къ югу отъ экватора, при этомъ вращеніи послѣдовательно будутъ совпадать всѣ тѣ мѣста, жители которыхъ 7 ноября въ полдень по мѣстному времени усматриваютъ солнце въ зенитѣ; въ нашемъ случаѣ такими мѣстами являются Порто-Сегуро и озеро Титикака въ южной Америкѣ, Отаити, Новыя Гебриды и т. д. Жители странъ, лежащихъ на  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ... къ сѣверу или къ югу отъ той параллели, южная географическая широта которой равна  $16^{\circ}22'$ , усматриваютъ солнце въ полдень въ  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ... отъ зенита. Жители тѣхъ странъ, которыя лежатъ около сѣвернаго полюса  $N$  и которыя при вращеніи глобуса постоянно остаются подъ горизонтомъ  $HR$ , вовсе не видятъ солнца, и для нихъ мѣсто мѣсто сплошная ночь, такъ какъ въ это время въ сѣверномъ полушаріи приближается начало зимы. Подобнымъ же образомъ въ тѣхъ странахъ, которыя находятся вблизи южнаго полюса и которыя при вращеніи глобуса постоянно остаются



насть его горизонтом  $HR$ , солнце совсем не заходитъ, и для жителей этихъ странъ имѣетъ мѣсто непрерывный день, такъ какъ въ южномъ полушаріи земли въ это время приближается начало лѣта. Далѣе, вращая глобусъ около оси  $NN$  и дѣлая соответственные отсчеты по указателю розы  $ab$ , мы можемъ весьма легко опредѣлять продолжительность дня и ночи 7 ноября для любого мѣста земного шара. Наконецъ, если мы приложимъ одинъ конецъ упомянутой выше (§ 116, IV), раздѣленной на градусы бумажной полоски къ той точкѣ глобуса, которая, при данной ея установкѣ, занимаетъ наивысшее положеніе, и если затѣмъ мы станемъ вращать эту полоску по поверхности глобуса около вышней точки, какъ около центра, то мы опредѣлимъ на земной поверхности всѣ тѣ мѣста, въ которыхъ, при данномъ положеніи глобуса, т. е. въ данный моментъ по вышекому времени, солнце находится въ  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ... отъ зенита.

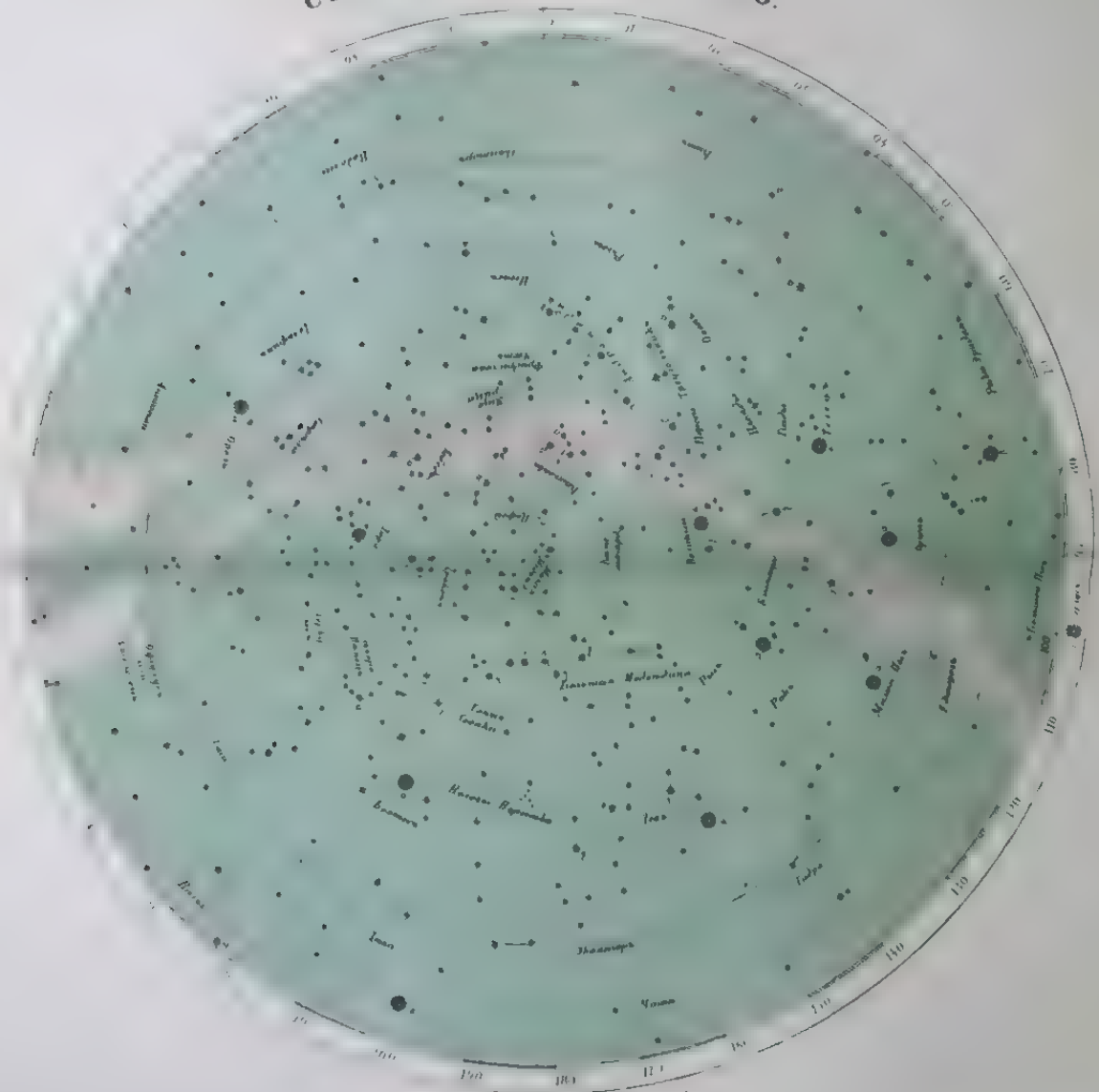
V. Опредѣлить продолжительность самаго длиннаго и самаго короткаго дней для даннаго мѣста. Если требуется опредѣлить продолжительность самаго длиннаго дня, напр., для Петербурга, то прежде всего ориентируемъ глобусъ для географической широты этого города, которая равна  $59^\circ 56'$ : затѣмъ, вращеніемъ глобуса приведемъ Петербургъ въ плоскость кольца  $NZQZ$ : установимъ указатель розы на  $12^h$  и въ этомъ положеніи глобуса замѣтимъ на его поверхности ту точку, которая находится противъ дѣленія  $23^\circ 27'$  на кольцо  $NZQZ$ . Затѣмъ, вращеніемъ глобуса около оси, приведемъ замѣченную точку въ плоскость горизонта  $HR$ , одинъ разъ съ восточной стороны, а другой разъ съ западной, въ первомъ изъ этихъ случаевъ указатель розы  $ab$  останавливается противъ  $2^h 50^m$ , а во второмъ—противъ  $9^h 10^m$ . Следовательно, въ Петербургъ въ самый длинный день солнце восходитъ въ  $2^h 50^m$ , а заходитъ въ  $9^h 10^m$ . Отсюда находимъ, что въ Петербургѣ продолжительность самаго длиннаго дня лѣтомъ составитъ  $18^h 20^m$  и самаго короткаго зимой только  $5^h 40^m$ .

### С. Звѣздныя карты.

§ 118. Звѣздныя карты и ихъ употребленіе. \* На прилагаемыхъ при семь таблицахъ изображены на одной—сѣверное, а на другой—южное полушарія небесной сферы. Такія изображенія всей поверхности небесной сферы въ видѣ двухъ круговъ называются, какъ вѣдѣно, плоскошаріями. На каждомъ плоскошаріи предѣльная, ограничивающая его окружность раздѣлена на градусы, выражающіе прямое восхожденіе звѣздъ. Окружность, concentрическая съ предѣльною, но меньшихъ размѣровъ, представляетъ экваторъ. Вырѣжемъ изъ бумаги полоску, длиною равную радіусу той окружности, которая представляетъ экваторъ, и раздѣлимъ эту полоску на девять равныхъ частей. Каждая изъ этихъ частей равна, следовательно,  $10^\circ$ ; отдельные же градусы можно отсчитывать на глазъ.\* Приведемъ эту бумажную полоску въ совпаденіе съ произвольнымъ радіусомъ плоскошарія и черезъ нанесенныя на ней дѣленія вособразимъ рядъ concentрическихъ окружностей съ общимъ центромъ въ центрѣ плоскошарія. Эти окружности суть ни что иное, какъ небесныя параллели, проведенныя черезъ каждые  $10^\circ$  склоненія. Чтобы съ помощью плоскошарія опредѣлить положеніе какой-нибудь звѣзды на небѣ, проведемъ прямую линію черезъ центръ плоскошарія и черезъ данную звѣзду; отсчетъ при той точкѣ, въ которой эта линія пересѣкаетъ предѣльную окружность, выражаетъ прямое восхожденіе звѣзды. Измѣряя же при помощи вышеупомянутой бумажной полоски разстояніе въ градусахъ между экваторомъ и данною звѣздой, мы тотчасъ же получаемъ склоненіе этой послѣдней, сѣверное или южное, смотря по тому, въ какомъ полушаріи звѣзда находится. Такимъ образомъ, мы, наиримѣръ, находимъ, что прямое восхожденіе звѣзды Веги въ созвѣздіи Лыры равно  $278^\circ 30'$ , а сѣверное склоненіе  $38^\circ$ .

По разѣ положеніе звѣзды извѣстно, то отысканіе ея на небѣ уже не представляетъ

# СЪВЕРНОЕ ЗВЪЗДНОЕ НЕБО.



изд. Естественных наук

В. И. Смирнов

никакихъ затрудненій. Въ самомъ дѣлѣ, прямое восхожденіе звѣзды, выраженное во времени (Введ., § 1), есть ни что иное, какъ звѣздное время ея кульминаціи (Введ., § 23); зная же звѣздное время, мы можемъ опредѣлить (по § 97) также и среднее солнечное время кульминаціи звѣзды, а затѣмъ и ея часовой уголъ. Съ другой стороны, зная склоненіе звѣзды и географическую широту мѣста наблюденія, мы можемъ вычислить ея высоту въ моментъ кульминаціи (Введ. § 18). Такъ, напр., мы видѣли, что прямое восхожденіе Веги равно  $278^{\circ}30'$ . Выражая его во времени, получаемъ  $18^h34^m$ , откуда и заключаемъ, что эта звѣзда кульминируетъ ежедневно въ  $18^h34^m$  звѣзднаго времени. Положимъ, что мы желаемъ наблюдать эту звѣзду 20 іюля и что при наблюденіи мы пользуемся часами, идущими по среднему солнечному времени. Въ такомъ случаѣ, обращая вышеупомянутое звѣздное время въ среднее, мы находимъ, что въ этотъ день Вега кульминируетъ въ  $10^h44^m$  средняго времени, и что, слѣдовательно, въ  $9^h44^m$ , въ  $8^h44^m$  и т. д. ея восточный часовой уголъ равенъ соответственно  $1^{\circ}$  или  $15^{\circ}$ ,  $2^h$  или  $30^{\circ}$  и т. д. Далѣе, зная, что сѣверное склоненіе Веги равно  $38^{\circ}$ , и что высота экватора надъ горизонтомъ Вѣны составляетъ приблизительно  $42^{\circ}$ , мы находимъ, что высота Веги въ моментъ ея кульминаціи въ Вѣнѣ равна  $80^{\circ}$  или, иначе говоря, что Вега проходитъ черезъ меридіанъ города Вѣны въ  $10^{\circ}$  къ югу отъ зенита.

Если же, наоборотъ, мы желаемъ узнать, какія звѣзды кульминируютъ въ данное среднее время, то прежде всего обращаемъ это среднее время въ звѣздное, звѣздное время, въ свою очередь, выражаемъ въ градусахъ, минутахъ и секундахъ дуги и затѣмъ на звѣздной картѣ отыскиваемъ тѣ звѣзды, прямое восхожденіе которыхъ равно только что найденному числу градусовъ или, въ случаѣ нижней кульминаціи (Введ., § 17), отличается отъ него на  $180^{\circ}$ . Такъ, напр., мы находимъ, что 24 августа 7 часамъ 51 минутъ вечера средняго вѣнскаго времени соответствуетъ  $18^h0^m$  звѣзднаго времени. Слѣдовательно, въ этотъ день въ  $7^h51^m$  вечера проходятъ черезъ меридіанъ всѣ тѣ звѣзды, прямое восхожденіе которыхъ равно  $18^h$  или  $6^h$ ; выражая это прямое восхожденіе въ дугѣ, получаемъ  $270^{\circ}$  или  $90^{\circ}$ . Такъ какъ высота полюса надъ горизонтомъ Вѣны равна  $48^{\circ}$ , то мы легко убѣждаемся, что въ это время въ Вѣнѣ въ южной части меридіана не видны всѣ тѣ звѣзды, южное склоненіе которыхъ больше  $42^{\circ}$ , а въ сѣверной части— тѣ, сѣверное склоненіе которыхъ меньше  $42^{\circ}$ . Разсматривая звѣздную карту, мы приходимъ къ заключенію, что въ Вѣнѣ въ это время голова Дракона находится въ зенитѣ, созвѣздіе Стрѣльца лежитъ низко надъ южной частью горизонта, а созвѣздіе Возничаго — надъ сѣверною его частью.

Замѣтимъ еще, что на приложенныхъ здѣсь звѣздныхъ картахъ величины звѣздъ (часть II, глава XV) выражены условными знаками, обыкновенно употребляющимися въ общедоступныхъ сочиненіяхъ, такъ что при одномъ взглядѣ на карту мы легко можемъ опредѣлить величину той или другой звѣзды. Положенія звѣздъ на этихъ картахъ отнесены къ 1900 году.

§ 119. **Изученіе созвѣздій по способу соединенія отдѣльныхъ звѣздъ прямыми линіями.** Простейшій способъ изученія звѣзднаго неба состоитъ въ соединеніи незвѣздныхъ звѣздъ съ извѣстными прямыми линіями на картѣ. На небесной сферѣ эти прямыя линіи представляются дугами большихъ круговъ. Всякій знаетъ созвѣздіе Большой медвѣдицы (Ursa major) или Колесницы. Семь болѣе яркихъ звѣздъ этого созвѣздія сразу бросаются въ глаза: четыре изъ нихъ образуютъ четырехугольникъ, а три остальныхъ расположены по кривой линіи. Отъ этого созвѣздія мы и будемъ исходить при изученіи звѣзднаго неба.

### Малая Медвѣдица (Ursa minor).

Прямая линія, проходящая черезъ 2 крайнія звѣзды въ четырехугольничкѣ Большой Медвѣдицы, именно черезъ  $\beta$  и  $\alpha$  Urae majoris, при продолженіи своемъ по направленію къ сѣверному полюсу, встрѣчаетъ, какъ это видно на приложенной звѣздной картѣ, крайнюю

звѣзду въ созвѣздіи Малой Медвѣдницы, носящую названіе Полярной и обозначаемаую греческой буквой  $\alpha$ . Созвѣздіе Малой Медвѣдницы состоитъ также изъ семи яркихъ звѣздъ, которыя образуютъ фигуру, подобную созвѣздію Большой Медвѣдницы, но обратнымъ образомъ расположенную, такъ, что хвосты обихъ Медвѣдниц направлены въ прямо противоположныя другъ другу стороны.

Если мы въ четырехугольникъ Большой Медвѣдницы сторону, проходящую черезъ звѣзды  $\alpha$  и  $\delta$  *Ursae majoris*, примемъ за основаніе равнобедреннаго треугольника и поставимъ мысленно перпендикуляръ къ этому основанію въ точкѣ, дѣлящей его пополамъ, то этотъ перпендикуляръ, при своемъ продолженіи въ сторону Малой Медвѣдницы, встрѣчаетъ звѣзду  $\beta$  *Ursae majoris*, которая замѣчательна своимъ красноватымъ цвѣтомъ, и яркость которой равна яркости Полярной звѣзды.

### Кассіопея (Cassiopeia).

Полярная звѣзда дѣлитъ пополамъ прямую линію, соединяющую звѣзду  $\delta$  *Ursae majoris* со звѣздой  $\alpha$  *Cassiopeiae*. Созвѣздіе Кассіопеи состоитъ изъ 5 звѣздъ, которыя обозначаются греческими буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ . Соединяя эти звѣзды, въ порядкѣ  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ , ломаной линіей, мы получаемъ фигуру, имѣющую видъ нѣсколько растянутой буквы W. Самая яркая изъ этихъ звѣздъ  $\alpha$  лежитъ въ шеѣ,  $\beta$ —въ сивѣ и  $\delta$ —въ колѣнѣ Кассіопеи.

### Цефей (Cepheus).

Если мы на продолженіи прямой линіи, проходящей черезъ звѣзды  $\alpha$  и  $\beta$  *Cassiopeiae*, отложимъ, начиная отъ точки  $\beta$ , длину, приблизительно въ три раза превосходящую разстояніе между упомянутыми звѣздами, то мы опредѣлимъ, такимъ образомъ положеніе звѣзды  $\alpha$  *Cephei*, лежащей въ плечѣ Цефея. Эта звѣзда вмѣстѣ съ двумя другими, именно  $\beta$  и  $\gamma$  *Cephei*, изъ которыхъ первая расположена въ поясѣ, а вторая въ колѣнѣ Цефея, образуетъ равнобедренный треугольникъ  $\alpha\beta\gamma$ , въ которомъ уголъ при  $\beta$  мало отличается отъ  $180^\circ$ . Прямая линія, проходящая черезъ звѣзды  $\alpha$  и  $\beta$  *Cephei*, встрѣчаетъ Полярную звѣзду.

### Драконъ (Draco).

Прямая линія, проведенная черезъ звѣзды  $\delta$  *Cassiopeiae* и  $\beta$  *Cephei*, проходитъ, при своемъ продолженіи, черезъ голову Дракона, причемъ разстояніе отъ  $\delta$  *Cassiopeiae* до  $\beta$  *Cephei* приблизительно равно разстоянію отъ  $\beta$  *Cephei* до головы Дракона. Нетрудно найти на небѣ и остальные болѣе яркія звѣзды въ созвѣздіи Дракона, такъ какъ черезъ соединеніе этихъ звѣздъ ломаной линіей, состоящей изъ трехъ частей, получается фигура, напоминающая своимъ видомъ букву Z. Средняя часть этой ломаной линіи параллельна сторонамъ  $\xi\beta$  и  $\eta\gamma$  четырехугольника въ созвѣздіи Малой Медвѣдницы, которое расположено въ углѣ образуемомъ второй и третьей частями упомянутой ломаной линіи. Кромѣ того, всякая прямая линія, проведенная черезъ любыя двѣ звѣзды Малой Медвѣдницы, проходитъ въ то-же время и черезъ какую-нибудь яркую звѣзду въ созвѣздіи Дракона или, по крайней мѣрѣ, въ весьма близкомъ отъ нея разстояніи.

### Андромеда (Andromeda).

Прямая линія, соединяющая Полярную звѣзду со звѣздой  $\beta$  *Cassiopeiae*, проходитъ, при своемъ продолженіи, черезъ звѣзду  $\alpha$  въ головѣ Андромеды, причемъ разстояніе между двумя первыми звѣздами приблизительно равняется разстоянію между двумя послѣдними. Точно также, прямая линія, проходящая черезъ Полярную звѣзду и черезъ звѣзду  $\epsilon$  *Cassiopeiae*, при продолженіи своемъ, встрѣчаетъ звѣзду  $\gamma$  *Andromedae*, причемъ  $\epsilon$  *Cassiopeiae*

лежитъ приблизительно по срединѣ между Полярной и  $\gamma$  Andromedae. Найдя на небѣ звѣзды  $\alpha$  и  $\gamma$  Andromedae, уже нетрудно отыскать и остальные звѣзды этого созвѣздія.

### Персей (Perseus).

Прямая линія, проходящая черезъ звѣзды  $\beta$  и  $\gamma$  Andromedae, при своемъ продолженіи дѣлится пополамъ линію, соединяющую звѣзды  $\alpha$  и  $\delta$  Persei, изъ которыхъ послѣдняя лежитъ въ головѣ Медузы и называется Алголемъ. Прямая линія, соединяющая звѣзды  $\alpha$  Serpentis и  $\epsilon$  Cassiopeiae, при своемъ продолженіи по направленію къ созвѣздію Персея, проходитъ въ весьма близкомъ разстояніи отъ четырехъ яркихъ звѣздъ этого созвѣздія. Эти звѣзды суть:  $\gamma$ —въ плечѣ,  $\alpha$ —въ груди,  $\delta$ —въ поясѣ и  $\epsilon$ —въ колыбѣ Персея. Всѣ онѣ лежатъ по одну сторону отъ упомянутой линіи.

### Возничій (Auriga).

Если мы на линіи, соединяющей Полярную звѣзду со звѣздой  $\alpha$  Cassiopeiae, какъ на основаніи, построимъ равнобедренный треугольникъ, то третья вершина этого треугольника совпадаетъ съ самой яркой звѣздой въ созвѣздіи Возничаго, именно съ  $\alpha$  Aurigae, которая ипаче называется Капеллой (Козой). Прямая линія, проведенная черезъ Капеллу и  $\delta$  Persei, проходитъ черезъ звѣзду  $\beta$  Aurigae, лежащую въ плечѣ Возничаго.

### Телець (Taurus).

Три звѣзды, именно  $\epsilon$  Cassiopeiae, Капелла и Альдебаранъ въ головѣ Тельца образуютъ тоже приблизительно равнобедренный треугольникъ. Альдебаранъ самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Тельца, она вмѣстѣ съ другими четырьмя звѣздами этого созвѣздія образуетъ фигуру, напоминающую своимъ видомъ букву V. Эта группа звѣздъ называется Гиадами. Недалеко отъ Гиады находится другая группа звѣздъ, занимающая меньшее пространство на небесной сферѣ, но также бросающаяся въ глаза всякому съ перваго взгляда. Это такъ называемыя Плеяды.

### Овель (Aries) и Рыбы (Pisces).

Прямая линія, соединяющая звѣзды  $\epsilon$  Cassiopeiae и  $\gamma$  Andromedae, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ  $\alpha$  Arietis и  $\alpha$  Piscium, причемъ эти четыре звѣзды дѣлятъ упомянутую линію приблизительно на четыре равныя части. Замѣтимъ, что  $\alpha$  Arietis есть самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Овна, а  $\alpha$  Piscium—самая яркая въ созвѣздіи Рыбъ.

### Китъ (Cetus).

Звѣзды  $\alpha$  Arietis,  $\alpha$  Piscium и  $\alpha$  Ceti образуютъ равносторонний треугольникъ. Послѣдняя изъ этихъ звѣздъ самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Кита. Далѣе,  $\alpha$  Ceti,  $\alpha$  Arietis и Плеяды также образуютъ равносторонний треугольникъ, такъ что, соединяя послѣдовательно прямыми линіями центръ Плеядъ съ  $\alpha$  Arietis,  $\alpha$  Arietis съ  $\alpha$  Piscium,  $\alpha$  Piscium съ  $\alpha$  Ceti и эту послѣднюю звѣзду опять съ центромъ Плеядъ, мы получаемъ довольно правильный ромбъ.

### Близнецы (Gemini).

Прямая линія, соединяющая звѣзды  $\alpha$  и  $\beta$  Aurigae, при своемъ продолженіи проходитъ приблизительно черезъ Кастора и Поллукса, т. е. черезъ двѣ яркія звѣзды въ созвѣздіи Близнецовъ. При этомъ разстояніе между Касторомъ и Поллуксомъ приблизительно равно разстоянію между  $\alpha$  и  $\beta$  Aurigae; разстояніе же между  $\beta$  Aurigae и Касторомъ въ три

раза больше только что упомянутого расстоянія. Съ другой стороны, Касторъ находится также на продолженіи линіи, соединяющей звѣзды  $\gamma$  и  $\beta$  Ursae majoris.

### Оріонъ (Orion).

Альдебаранъ, Касторъ и одна изъ яркихъ звѣздъ въ созвѣздіи Оріона, именно  $\alpha$  Orionis, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Съ другой стороны, эти три звѣзды вмѣстѣ съ Капеллой образуютъ фигуру, весьма близкую къ квадрату. Оріонъ — самое красивое созвѣздіе на небесной сферѣ; это созвѣздіе, вообще, легко узнается по семи главнымъ звѣздамъ, входящимъ въ его составъ. Эти звѣзды суть:  $\alpha$  и  $\gamma$  въ плечахъ,  $\beta$  и  $\kappa$  въ ногахъ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  — въ поясѣ Оріона. Три послѣднія лежатъ на одной прямой линіи и отдѣлены другъ отъ друга равными промежутками; онѣ извѣстны также подъ названіемъ Посоха Іакова.

### Большой и Малый Песъ (Canis major et minor).

Три звѣзды, именно  $\alpha$  Orionis, Касторъ и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Малаго Пса, называемая Протиономъ, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Съ другой стороны  $\alpha$  Orionis, Протионъ и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Большого Пса, посящая названіе Сиріуса, образуютъ равносторонній треугольникъ.

### Большой Левъ (Leo major), Гидра (Hydra) и Ракъ (Cancer).

Касторъ, Протионъ и Регуль, самыя яркая звѣзда въ созвѣздіи Льва, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Касторъ, Протионъ, Регуль и  $\alpha$  Hydrae образуютъ параллелограмъ, въ пересѣченіи діагоналей этого параллелограмма находится  $\alpha$  Cancri.

Къ этому четырехугольнику прилегаютъ другой, менѣе правильный; онъ образуется четырьмя звѣздами: Регуломъ, Касторомъ,  $\gamma$  Ursae majoris и Денеболой. Последняя изъ этихъ звѣздъ лежитъ въ хвостѣ Большого Льва.

### Волопасъ (Bootes), Дѣва (Virgo) и Вѣсы (Libra).

Три звѣзды, именно  $\gamma$  Ursae majoris, Денебола и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Волопаса,  $\alpha$  Bootis, иначе называемая Арктуромъ, образуютъ равносторонній треугольникъ. Одна сторона этого треугольника служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ стороною весьма правильного ромба, образуемаго четырьмя звѣздами: Денеболой, Арктуромъ,  $\alpha$  Librae и самой яркой звѣздой созвѣздія Дѣвы,  $\alpha$  Virginis, которая иначе называется Спикой или Колосомъ. Въ созвѣздіи Вѣсовъ четыре звѣзды, именно  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\epsilon$  Librae, образуютъ небольшой четырехугольникъ. Прямая линія, соединяющая Спикку съ Арктуромъ, при своемъ продолженіи, проходитъ черезъ небольшой четырехугольникъ, образуемый звѣздами  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\rho$  Bootis, изъ которыхъ двѣ первыя лежатъ въ груди, а двѣ послѣднія въ хвостѣ Волопаса.

### Корона (Corona), Геркулесъ (Hercules), Змѣя (Serpens) и Офиухъ (Ophiuchus).

Прямая линія, соединяющая звѣзды  $\epsilon$  и  $\zeta$  Ursae majoris, лежащая въ хвостѣ Большой Медвѣдцы, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ небольшое созвѣздіе Короны, которое всякій легко можетъ узнать, такъ какъ оно состоитъ изъ нѣсколькихъ рядомъ лежащихъ звѣздъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга небольшими промежутками и расположенныхъ по дугѣ круга, обращенной своей волнутостью къ Полярной звѣздѣ. Вышеупомянутая линія, при дальнѣйшемъ своемъ продолженіи, проходитъ черезъ голову и шею Змѣи, которую Офиухъ держитъ въ своихъ рукахъ. Голову Змѣи образуютъ четыре звѣзды, именно  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$  и  $\pi$  Serpentis, а шею—три звѣзды, именно:  $\delta$ ,  $\alpha$  и  $\epsilon$  Serpentis.



Прямая линия, соединяющая звѣзды  $\gamma$  и  $\epsilon$  Ursae majoris, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ четырехугольникъ, образуемый звѣздами  $\epsilon$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  и  $\pi$  Perseus, которыя лежатъ въ поясъ Геркулеса. Діагональ этого четырехугольника, соединяющая звѣзды  $\eta$  и  $\epsilon$ , при своемъ продолженіи, проходитъ черезъ звѣзду  $\alpha$  Perseus, лежащую въ головѣ Геркулеса. Недалеко отъ этой послѣдней звѣзды мы видимъ одну яркую звѣзду,  $\alpha$  Orionis, и двѣ менѣе яркія,  $\beta$  и  $\gamma$  Orionis; первая изъ этихъ звѣздъ лежитъ въ головѣ Офюха, а двѣ послѣднія въ его плечѣ.

### Лиры (Lyra), Лебедь (Cygnus) и Орелъ (Aquila).

Прямая линия, соединяющая звѣзды  $\gamma$  и  $\delta$  Ursae majoris, проходитъ черезъ самую яркую звѣзду въ созвѣздіи Леры, именно черезъ  $\alpha$  Lyrae, иначе называемую Вегай. Линія, проходящая черезъ точку пересѣченія діагоналей четырехугольника въ созвѣздіи Большой Медвѣдцы и черезъ голову Дракона, при своемъ продолженіи, также встрѣчаетъ Вегу. Далѣе, всякому бросается въ глаза большой равнобедренный треугольникъ, образуемый на небесной сферѣ тремя весьма яркими звѣздами, именно: Вегай, Денебомъ и Атаиромъ. Денебъ или  $\alpha$  Cygni самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Лебеда, а Атаиръ или  $\alpha$  Aquilae — самая яркая въ созвѣздіи Орла. Изъ трехъ только что упомянутыхъ звѣздъ Вега превосходитъ двѣ другія по яркости, а Атаиръ, лежащій въ вершинѣ образуемаго этими звѣздами треугольника, наиболѣе удаленъ отъ сѣвернаго полюса. Въ созвѣздіи Леры, нѣсколько южнѣ Веги, лежатъ еще двѣ звѣзды, именно  $\beta$  и  $\gamma$  Lyrae. Въ созвѣздіи Лебеда четыре звѣзды а именно  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\gamma$  Cygni, образуютъ вмѣстѣ съ Денебомъ крестъ. Наконецъ въ созвѣздіи Орла по одну сторону отъ Атаира находится  $\beta$  Aquilae, а по другую  $\gamma$  Aquilae.

### Пегасъ (Pegasus), Дельфинъ (Delphinus), Водолей (Aquarius) и Скорпионъ (Scorpius).

Прямая линия, проведенная черезъ Вегу и Денеба, при своемъ продолженіи пересѣкаетъ четырехугольникъ, образуемый четырьмя звѣздами, а именно:  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  Pegasi и  $\alpha$  Andromedae, съ послѣдней изъ которыхъ мы уже познакомились выше. Сторона этого четырехугольника, соединяющая  $\alpha$  Andromedae съ  $\beta$  Pegasi, при своемъ продолженіи въ сторону Атаира, проходитъ мимо небольшого, но красиваго созвѣздія Дельфина, которое состоитъ изъ нѣсколькихъ довольно яркіхъ и весьма близко другъ къ другу лежащихъ звѣздъ.

Діагональ вышеупомянутаго четырехугольника, идущая отъ  $\alpha$  Andromedae къ  $\alpha$  Pegasi, при своемъ продолженіи проходитъ весьма близко отъ звѣзды  $\alpha$  Aquarii, лежащей въ плечѣ Водолея.

Наконецъ, прямую линію, соединяющую Вегу съ Арктуромъ, можно разсматривать какъ основаніе большого равностороннаго треугольника, вершиной котораго служитъ Антаресъ или  $\alpha$  Scorpii, т. е. самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Скорпіона.

Подобнымъ же образомъ читатель, имѣя передъ глазами звѣздную карту, можетъ безъ труда изучить и остальные созвѣздія на небесной сферѣ.

§ 120. Названія звѣздъ. Въ предыдущемъ параграфѣ читателю уже имѣли случай познакомиться съ особенными, довольно необыкновенными названіями нѣкоторыхъ отдѣльных яркіхъ звѣздъ. Въ виду того, что и въ нижеслѣдующемъ изложеніи мы иногда будемъ пользоваться подобными названіями, мы считаемъ необходимымъ привести ниже списокъ наиболѣе замѣчательныхъ изъ нихъ. Эти названія въ настоящее время, вообще, все болѣе и болѣе выходятъ изъ употребленія, но тѣмъ не менѣе иногда они еще могутъ встрѣтиться читателямъ въ томъ или другомъ сочиненіи. Прежде чѣмъ приводить упомянутый списокъ, мы сдѣлаемъ нѣсколько общихъ замѣчаній относительно этихъ названій.

Многія созвѣздія въ древнія времена были извѣстны подъ нѣсколькими различными названіями; относительно нѣкоторыхъ созвѣздій то-же самое имѣетъ мѣсто еще и въ настоящее



время. Такъ, напр., семь главныхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы въ народѣ болѣе известны подъ названіемъ Колесницы, между тѣмъ какъ у латинскаго поэта Овидія онѣ называются *Sepem Granas*, что значитъ Семь Волговъ. Орѣонъ въ некоторыхъ мѣстахъ известенъ подъ названіемъ Поющаго Ифтуха и т. п.

Дѣле, перѣдко отдаленныя небослани, по особенно бросающіеся въ глаза группы звѣздъ, входящихъ въ составъ какого-нибудь созвѣздія, называются особыми собственными именами. Вотъ нѣкоторые примѣры представляющіе Плеяды (созвѣздіе жориковъ), известные также подъ названіемъ Семизвѣздія, Стожаровъ или Пяетки, Плеяды въ созвѣздіи Гельда, Ясли (*Proserpe* или *ε Canis*) и два Огеля ( $\gamma$  и  $\delta$  *Scorpi*) въ созвѣздіи Рака, три звѣзды въ поясъ Орѣона ( $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  *Orionis*), которыя называются также Посохоуемъ Гакова или Тремя Святыми Королями, Орѣвъ около звѣзды  $\chi$  *Orionis* и т. д.

Кромѣ того главныя звѣзды различнаго созвѣздія перѣдко получаютъ названія своеобразно съюдаваемыя, занимаемымъ ими въ тѣхъ изображеніяхъ, которыя человѣческое воображеніе рисуетъ въ томъ мѣстѣ небесной сферы, гдѣ расположены эти созвѣздія. Такъ, напр., Антаресъ чаще называется сердцемъ Скорпиона, Ригуль сердцемъ Льва, Альбертъ или  $\alpha$  *Hydrae* сердцемъ Гидры, Альдебаранъ — глазомъ Гельда, Фомальгаутъ или  $\alpha$  *Piscium* рыбьимъ ртомъ, Сириусъ — Колосомъ, Канелла — Козой и т. д. Въ созвѣздіяхъ необычнаго происхожденія въ которыхъ главныя звѣзды рѣдко бывають ярче третьей или даже четвертой величины, самой яркой изъ этихъ звѣздъ обыкновенно даютъ название путеводной звѣзды (*Stella*). Впрочемъ, собственные имена большей части яркихъ звѣздъ заимствованы изъ различныхъ языковъ, обыкновенно изъ греческаго и латинскаго и главнымъ образомъ изъ арабскаго. Такъ, напр.,  $\alpha$  *Antigae* называется Канеллою или Альхонгою,  $\alpha$  *Canis minoris* — Проконоуемъ или Эльмаилъ,  $\alpha$  *Scorpi* Антаресомъ или Веспертиною,  $\alpha$  *Lupi* Альдебараномъ или Паллидумъ и т. д. Самая яркая звѣзда на небесной сферѣ  $\alpha$  *Canis majoris*, кромѣ двухъ наиболее употребительныхъ названій Сириуса и Канникулы, имѣеть еще до 8 различныхъ именъ.

#### Списокъ собственныхъ именъ звѣздъ.

Адара— $\epsilon$ <i>Canis majoris</i> .	Антаресъ— $\alpha$ <i>Scorpii</i> .
Азямехъ— $\alpha$ <i>Virginis</i> .	Апузь—Райская птица.
Аламакъ $\gamma$ <i>Andromedae</i> .	Арктофолакъ Медвѣжьей сторожъ Волосовъ.
Алиотъ— $\epsilon$ <i>Ursae majoris</i> .	Арктуръ— $\alpha$ <i>Bootis</i> .
Альбирео $\beta$ <i>Cygni</i> .	Астеріонъ — Сѣверная охотничья собака.
Альдебаранъ $\alpha$ <i>Tauri</i> .	Астероне I и II $k$ и $l$ въ Плеядахъ.
Альдераминъ $\alpha$ <i>Serphii</i> .	Атавръ или Альтавръ — $\alpha$ <i>Aquilar</i> .
Альениобъ— $\gamma$ <i>Persei</i> и $\gamma$ <i>Pegasi</i> .	Атласъ — $f$ въ Плеядахъ.
Амисва $\gamma$ <i>Leonis</i> .	Ахернаръ— $\alpha$ <i>Eridani</i> (въ созвѣздіи Рѣви Эридана)
Альголь— $\beta$ <i>Persei</i> .	Батень Канюсъ— $\zeta$ <i>Ceti</i> .
Альторабъ— $\delta$ <i>Corvi</i> (въ созвѣздіи Ворона).	Беллатрикъ— $\gamma$ <i>Orionis</i>
Алькоръ— $g$ <i>Ursae majoris</i> .	Бенетвашъ— $\eta$ <i>Ursae majoris</i> .
Альниламъ— $\epsilon$ <i>Orionis</i> .	Бетейтисъ $\alpha$ <i>Orionis</i> .
Альниламъ— $\zeta$ <i>Orionis</i> .	Бета — $\alpha$ <i>Lycrae</i> .
Алракуль $\alpha$ <i>Ursae minoris</i> .	Веспертино $\alpha$ <i>Scorpii</i> .
Альфрель или Альфераль $\alpha$ <i>Hydrae</i> .	Виндематрикъ— $\epsilon$ <i>Virginis</i> .
Альханоръ— $\alpha$ <i>Antigae</i> .	Гемма или Гвоздь — $\alpha$ <i>Coronae bor dis</i> .
Альхона $\gamma$ <i>Bovalogium</i> .	Гяды— $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , $\delta$ и $\epsilon$ <i>Tauri</i> .
Альціона— $\eta$ въ Плеядахъ.	

Печи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  Capricorni (въ созвѣздіи Козерога).  
 Пена— $\epsilon$  Cudni.  
 Голова Горгоны или Голова Медузы— $\beta$  Persei.  
 Дабихъ— $\beta$  Capricorni.  
 Денебола (Денебъ-эль-Азды)— $\rho$  Leporis.  
 Денебъ— $\alpha$  Cygni.  
 Денебъ Альгеди— $\gamma$  Capricorni.  
 Денебъ Кайтосъ— $\beta$  Ceti.  
 Дорадо—Мечъ-Рыба.  
 Дубха— $\alpha$  Ursae majoris.  
 Зябеносель—Офиухъ.  
 Едъ I и II— $\delta$  и  $\epsilon$  Orphiuchi.  
 Козликъ, смотри Ходусъ.  
 Котосъ— $\alpha$  Ugdinis.  
 Каникула— $\alpha$  Canis majoris.  
 Капопусъ— $\alpha$  Argus.  
 Канелла— $\alpha$  Aurigae.  
 Касторъ— $\alpha$  Geminae.  
 Корнефоросъ— $\beta$  Herculis.  
 Коръ Кароли— $\alpha$  Canum venaticorum.  
 Кошабъ— $\rho$  Ursae minoris.  
 Кенфиасъ—Дорадо—Мечъ-Рыба.  
 Кюнозура (Собачій хвостъ)—Малая Медвѣдница.  
 Майн— $\epsilon$  въ Плеядахъ.  
 Марфкъ или Мирфакъ— $\alpha$  Persei.  
 Маркабъ— $\alpha$  Pegasi.  
 Мергець— $\delta$  Ursae majoris.  
 Медвѣжій сторожъ—Волошасъ.  
 Менкалинамъ— $\beta$  Aurigae.  
 Менкаръ— $\alpha$  Ceti.  
 Меракъ— $\beta$  Ursae majoris.  
 Меропе— $d$  въ Псеядахъ.  
 Мечъ-Рыба—Дорадо.  
 Мизамъ— $h$  и  $\chi$  Persei.  
 Микаръ или Миракъ— $\epsilon$  Bootis.  
 Минтака— $\delta$  Orionis.  
 Мира— $\sigma$  Ceti.  
 Мирахъ— $\beta$  Andromedae.  
 Мирзамъ— $\beta$  Canis majoris.  
 Мицаръ— $\rho$  Ursae majoris.  
 Муфридъ— $\eta$  Bootis.  
 Наевда—Псеяды.  
 Натъ— $\beta$  Tauri.  
 Нектаръ— $\beta$  Bootis.  
 Нодусъ I и II— $\zeta$  и  $\delta$  Draconis.  
 Окда— $\alpha$  Piscium.  
 Ослы— $\gamma$  и  $\delta$  Cancri

Пализидиумъ— $\alpha$  Tauri.  
 Плейона или Пзіо— $h$  въ Псеядахъ  
 Псеяды— $\eta$ ,  $\epsilon$ ,  $d$ ,  $q$  и т. д. Tauri.  
 Поллуксъ— $\beta$  Geminae.  
 Полярная— $\alpha$  Ursae minoris.  
 Посохъ Іакова— $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  Orionis.  
 Пресеппе— $\epsilon$  Cancri.  
 Протионъ— $\alpha$  Canis minoris.  
 Расъ-Альгети— $\alpha$  Herculis.  
 Расъ Альхагуе— $\alpha$  Orphiuchi.  
 Расъ Элизедъ— $\epsilon$  и  $\mu$  Leonis.  
 Регуль— $\alpha$  Leonis.  
 Ригель— $\beta$  Orionis.  
 Садоръ— $\gamma$  Cygni.  
 Садъ-Эльмеликъ— $\alpha$  и  $\sigma$  Aquarii.  
 Садъ-Эльзүүдъ— $\beta$  и  $\xi$  Aquarii.  
 Семизвѣдіе—Псеяды.  
 Сирдусъ— $\alpha$  Canis majoris.  
 Сиррахъ— $\alpha$  Andromedae.  
 Скать— $\delta$  Aquarii.  
 Сивка— $\alpha$  Ugdinis.  
 Стожары—Псеяды.  
 Столъ—четыреугольникъ, образуемый звѣздами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  Pegasi и  $\alpha$  Andromedae.  
 Сторожа—Полярная и Кошабъ.  
 Тайгета— $\epsilon$  въ Псеядахъ или  $q$  Tauri.  
 Толманъ— $\alpha$  Centauri.  
 Ункъ Эльхайя— $\alpha$  Serpentis.  
 Фекда— $\gamma$  Ursae majoris.  
 Фомальгаутъ— $\alpha$  Piscium.  
 Хамаль— $\alpha$  Argus.  
 Хара—Южная Охотничья Собака  
 Ходусъ I и II— $\zeta$  и  $\eta$  Aurigae.  
 Целено— $g$  въ Псеядахъ.  
 Целма— $\delta$  Leonis.  
 Цубенъ Элякрабъ— $\gamma$  Scorpii.  
 Цубенъ Эльшенуби— $\alpha$  Librae.  
 Цубенъ Эльшемади— $\beta$  Librae  
 Шеатъ— $\beta$  Pegasi.  
 Шедиръ— $\alpha$  Cassiopeae.  
 Электра— $b$  въ Псеядахъ.  
 Элякрабъ— $\beta$  Scorpii.  
 Эльмоайза— $\alpha$  Canis minoris.  
 Эльшератайиъ— $\beta$  и  $\gamma$  Arietis.  
 Эпоназинъ—Геркулесъ.  
 Энифъ— $\epsilon$  Pegasi.  
 Эттаніяъ— $\gamma$  Draconis.  
 Юдул—Орионъ.  
 Ясли— $\epsilon$  Cancri

Въ заключеніе этого параграфа, въ видѣ курьеза, замѣтимъ, что названія *Sualocin* и *Rotanev*, данныя въ звѣздномъ каталогѣ Пиацци звѣздамъ  $\alpha$  и  $\beta$  Delphini, суть ни что иное, какъ слова *Nicolaus* и *Venator*, написанныя наоборотъ, и что они обозначаютъ имя и прозвище астронома Каччаторе, который былъ помощникомъ Пиацци въ его работахъ; значеніе этихъ названій впервые, если мы не ошибаемся, было разгадано астрономомъ Уэббомъ (*Webb*).

§ 121. **Таблицы прецессіи.** Мы знаемъ, что положеніе какого-нибудь небснаго свѣтила, даже если это послѣднее не имѣетъ собственнаго движенія, соответствуетъ, главнымъ образомъ вслѣдствіе прецессіи, нѣкоторому опредѣленному моменту (§ 50).

Такъ, напр., наши звѣздныя карты даютъ положенія звѣздъ для 1900 года. Если мы хотимъ, пользуясь этими картами, опредѣлить положеніе какой-нибудь звѣзды для нѣкоторой другой эпохи или, наоборотъ, если мы хотимъ положеніе звѣзды, данное для нѣкоторой другой эпохи, нанести на одну изъ нашихъ картъ, то въ обоихъ случаяхъ необходимо принести во вниманіе измѣненіе положенія звѣзды вслѣдствіе прецессіи. Мы не упоминаемъ здѣсь о многихъ другихъ случаяхъ, когда знаніе этого измѣненія въ положеніи звѣзды представляетъ огромный интересъ. Приложенныя къ этому параграфу таблицы даютъ читателямъ возможность безъ большого труда опредѣлять прецессію съ совершенно достаточною точностью для всѣхъ звѣздъ, сѣверное или южное склоненіе которыхъ не превосходить  $80^\circ$ . Для звѣздъ, склоненіе которыхъ заключается между  $80^\circ$  и  $90^\circ$ , соответственныя вычисленія дѣлаются уже болѣе сложными, и въ этомъ случаѣ невозможно составить такихъ простыхъ таблицъ, какъ тѣ, которыя слѣдуютъ ниже.

### I. Прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ = $1^m 17^s \pm$ .

#### Сѣверное склоненіе.

$+\alpha -$	$0^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$	$35^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$	$55^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$70^\circ$	$+\alpha -$
$0^\circ$	180 <sup>0</sup>	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	180 <sup>0</sup> 360 <sup>0</sup>
5	185	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	6	175 355
10	190	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	7	8	10	12	170 350
15	195	0	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	15	19	165 345
20	200	0	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	20	25	160 340
25	205	0	1	2	4	5	6	8	10	12	14	17	20	24	30	155 335
30	210	0	1	3	4	6	8	10	12	14	17	20	24	29	36	150 330
35	215	0	2	3	5	7	9	11	14	16	19	23	27	33	41	145 325
40	220	0	2	4	6	8	10	12	15	18	21	25	31	37	46	140 320
45	225	0	2	4	6	9	11	14	17	20	24	28	34	41	51	135 315
50	230	0	2	5	7	9	12	15	18	21	26	30	37	44	53	130 310
55	235	0	2	5	7	10	13	16	19	23	28	33	39	47	59	125 305
60	240	0	3	5	8	11	13	17	20	24	29	35	41	50	62	120 300
65	245	0	3	5	8	11	14	17	21	25	30	36	43	52	65	115 295
70	250	0	3	6	8	11	15	18	22	26	31	37	45	54	67	110 290
75	255	0	3	6	9	12	15	19	23	27	32	38	46	56	69	105 285
80	260	0	3	6	9	12	15	19	23	28	33	39	47	57	71	100 280
85	265	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	48	58	72	95 275
90	270	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	48	58	72	90 270

$-\alpha +$	$0^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$	$35^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$	$55^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$70^\circ$	$-\alpha +$
-------------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

#### Южное склоненіе.

II. Прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ = 1°17' ±.

Съверное склоненіе.

γ α —	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	α —
0° 180°	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	180° 360°
5 185	8	8	9	10	10	11	12	13	14	15	17	175 355
10 190	16	17	18	19	20	22	23	25	27	30	33	170 350
15 195	24	25	27	28	30	32	35	37	41	45	49	165 345
20 200	31	33	35	37	40	43	46	50	54	59	65	160 340
25 205	39	41	43	46	49	53	57	61	66	73	80	155 335
30 210	46	49	52	55	58	62	67	72	79	86	95	150 330
35 215	53	56	59	63	67	72	77	83	90	99	109	145 325
40 220	59	62	66	70	75	80	86	93	101	111	122	140 320
45 225	65	69	73	77	82	88	95	102	111	122	134	135 315
50 230	70	74	79	84	89	96	103	111	120	132	145	130 310
55 235	75	80	84	90	95	102	110	119	129	141	155	125 305
60 240	80	84	89	95	101	108	116	125	133	149	164	120 300
65 245	83	88	93	99	106	113	121	131	143	156	172	115 295
70 250	86	91	97	103	110	117	126	136	148	162	178	110 290
75 255	89	94	99	106	113	120	129	140	152	166	183	105 285
80 260	90	96	101	108	115	123	132	143	155	169	187	100 280
85 265	91	97	102	109	116	124	134	144	157	171	189	95 275
90 270	92	97	103	109	117	125	134	145	157	172	190	90 270

— α +	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	— α +
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

Южное склоненіе.

III. Прецессія по склоненію за 100 лѣтъ.

— α +	Прецессія.	— α —	+ α +	Прецессія.	— α —				
360°	0°	33'	180°	180°	315°	45°	24'	135°	225°
355	5	33	175	185	310	50	21	130	230
350	10	33	170	190	305	55	19	125	235
345	15	32	165	195	300	60	17	120	240
340	20	31	160	200	295	65	14	115	245
335	25	30	155	205	290	70	11	110	250
330	30	29	150	210	285	75	9	105	255
325	35	27	145	215	280	80	6	100	260
320	40	26	140	220	275	85	3	95	265
315	45	24	135	225	270	90	0	90	270

+ α —	Прецессія.	— α —	+ α +	Прецессія.	— α —
-------	------------	-------	-------	------------	-------

Изъ приведенныхъ выше трехъ таблицъ двѣ первыя служатъ для вычисленія прецессии по прямому восхожденію, третья — по склоненію. Эти таблицы даютъ измѣненія прямого восхожденія и склоненія отъ прецессии въ теченіе 100 лѣтъ, откуда уже легко можно вычислить измѣненія этихъ величинъ въ теченіе всякаго другаго промежутка времени. Таблица I и II имѣютъ два входа или, какъ говорить, два аргумента, съ которыми надо войти въ таблицы, чтобы опредѣлить искомую величину. Этими аргументами служатъ прямое восхожденіе и северное или южное склоненіе звѣзды. Въ таблицѣ III аргументомъ служитъ одно только прямое восхожденіе.

Чтобы при помощи первыя двухъ таблицъ опредѣлить измѣненіе прямого восхожденія отъ прецессии въ теченіе 100 лѣтъ, надо полученную изъ этихъ таблицъ величину прибавить съ соответственнымъ знакомъ къ величинѣ  $1^{\circ}17'$ . Третья таблица даетъ непосредственно прецессию по склоненію за 100 лѣтъ. При помощи этихъ таблицъ прецессія какъ по прямому восхожденію, такъ и по склоненію получается въ минутахъ дуги. Прецессию по прямому восхожденію, вычисленную при помощи таблицы I или II, надо брать для севернаго склоненія съ гѣмъ же знакомъ, который находится надъ столбцомъ, заключающимъ соответственное прямое восхожденіе, а для южнаго съ гѣмъ, который находится подъ этимъ столбцомъ. Въ третьей таблицѣ верхніе и нижніе знаки одинаковы, и потому, при вычисленіяхъ съ помощью этой таблицы, необходимо обращать вниманіе только на тотъ столбецъ, къ которому находится данное прямое восхожденіе. Вычисливъ по нашимъ таблицамъ прецессию за 100 лѣтъ, мы по простой пропорціи можемъ опредѣлять измѣненія прямого восхожденія и склоненія въ дѣйствиіе прецессии для любого промежутка времени. Вычисленныя такимъ образомъ величины измѣненія надо прибавить къ даннымъ прямому восхожденію и склоненію съ гѣмъ самымъ знакомъ, съ какимъ онѣ подуманы при вычисленіи, если мы хотимъ сдѣлать привѣданіе къ тому состоянию за гѣмъ же момѣнтъ, для котораго даны прямое восхожденіе и склоненіе, и съ обратнымъ знакомъ въ противномъ случаѣ. Нолѣдимъ все вышесказанное примѣромъ. Во впадной части этой книги читатель найдетъ списки двойныхъ звѣздъ, туманностей, звѣздныхъ кучъ и тому подобнаго замѣчательныхъ небесныхъ предметовъ, положенія которыхъ отнесены къ 1900 году. Этими списками мы и воспользуемся для нашихъ примѣровъ.

Примѣръ I. Положеніе координатной туманности въ созвѣздіи Лиры для 1880 года опредѣляется слѣдующими угломъ восхожденіемъ  $\alpha$  и склоненіемъ  $\delta$ :

$$\alpha = 18^{\text{h}} 49^{\text{m}} 5 = 282^{\circ}16', \quad \delta = +32^{\circ}52'.$$

опредѣлимъ положеніе этой туманности для 1900 года. Изъ таблицы I, по аргументамъ  $\alpha = 280$  и  $\delta = +30$ , мы находимъ величину  $19$ . Въ то-же самое время мы видимъ, что эта величина, при измѣненіи прямого восхожденія отъ  $280'$  до  $285'$ , совершенно не мѣняется, при измѣненіи же склоненія отъ  $30'$  до  $35'$  она увеличивается на 4. Поэтому, по простой пропорціи находимъ, что для нашего склоненія, равнаго  $32^{\circ}52'$ , эта величина составитъ  $+21$ . Прибавляя эту величину съ соответственнымъ знакомъ къ величинѣ  $1^{\circ}17' = 77'$ , находимъ  $+56'$ . Это есть прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ. Следовательно, прецессія за 20 лѣтъ составитъ  $+11$ .

Изъ таблицы III мы находимъ слѣдующія величины прецессии по склоненію за 100 лѣтъ

$$\begin{aligned} &+6' \text{ для } \alpha = 280^{\circ} \\ &+9' \text{ для } \alpha = 285^{\circ}. \end{aligned}$$

Отсюда, опять по простой пропорціи, вычисляемъ, что для  $\alpha = 282^{\circ}16'$  прецессія по склоненію за 100 лѣтъ составитъ  $+7'$ , а за 20 лѣтъ  $+1'$ .

Слѣовательно, положеніе координатной туманности въ созвѣздіи Лиры для 1900 года опредѣляется такими величинами:

$$\alpha = 282^{\circ}27', \quad \delta = +32^{\circ}53'$$

Примѣръ II. Положеніе весьма яркой туманности въ созвѣздіи Большой Медвѣды для 1900 года опредѣляется слѣдующими прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ:

$$\alpha = 146^{\circ}48', \delta = +69^{\circ}33'.$$

Опредѣлимъ положеніе этой туманности для 1880 года Изъ таблицы I, по аргументамъ  $\alpha = 145^{\circ}$  и  $\delta = +70^{\circ}$ , находимъ величину  $-53'$ . При измѣненіи прямого восхожденія отъ  $145^{\circ}$  до  $150^{\circ}$ , эта величина уменьшается на  $7'$ , и, слѣдовательно, при увеличеніи прямого восхожденія на  $1^{\circ}48'$ , это уменьшеніе составляетъ  $2'$ . При измѣненіи же склоненія отъ  $70^{\circ}$  до  $65^{\circ}$ , эта величина уменьшается на  $12'$ , и, слѣдовательно, при уменьшеніи склоненія на  $27'$ , она уменьшится только на  $1'$ . Отсюда ясно, что въ общемъ наша табличная величина уменьшается на  $3'$  и для  $\alpha = 146^{\circ}48'$  и  $\delta = +69^{\circ}33'$  равняется  $+50'$ . Поэтому, прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ составляетъ  $1^{\circ}17' + 50' = 2^{\circ}7'$ ; за двадцать же лѣтъ прецессія по прямому восхожденію равна  $+25'$ . Но такъ какъ мы хотимъ вычислить прямое восхожденіе для 1880 года, а положеніе туманности дано для 1900 года, то выше найденную величину мы должны вычесть изъ  $146^{\circ}48'$ . Слѣдовательно, прямое восхожденіе туманности для 1880 года равно  $146^{\circ}23'$ . При помощи таблицы III мы находимъ, что измѣненіе склоненія за 100 лѣтъ составляетъ  $-27'$ , а за 20 лѣтъ  $-5'$ . Прибавляя эту величину съ обратнымъ знакомъ къ склоненію  $\delta = +69^{\circ}33'$ , получаемъ  $+69^{\circ}38'$ . Выражая найденное выше прямое восхожденіе во времени, мы, для опредѣленія положенія нашей туманности для 1880 года, получаемъ слѣдующія величины:

$$\alpha = 9^{\text{h}} 45^{\text{m}} 32^{\text{s}}, \delta = +59^{\circ}38'.$$

Примѣръ III. Положеніе красной звѣздной кучи въ созвѣздіи Водолея для 1900 года опредѣляется слѣдующими прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ:

$$\alpha = 21^{\text{h}} 28^{\text{m}} 16^{\text{s}} = 322^{\circ}4', \delta = -1^{\circ}16'.$$

Опредѣлимъ положеніе этой звѣздной кучи для 1850 года.

При помощи таблицы I находимъ, что прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ составляетъ  $-1^{\circ}18'$ , и, слѣдовательно, въ теченіе 50 лѣтъ прямое восхожденіе измѣняется отъ прецессии на  $-39'$ . Таблица III даетъ для прецессии по склоненію за 100 лѣтъ  $-1^{\circ}26'$ . Слѣдовательно, измѣненіе склоненія отъ прецессии за 50 лѣтъ равняется  $13'$ . При помощи только что найденныхъ величинъ, мы получаемъ слѣдующія прямое восхожденіе и склоненіе для 1850 года:

$$\alpha = 321^{\circ}25', \delta = -1^{\circ}29'.$$

Замѣтимъ, что еще въ § 51 мы имѣли случай пользоваться данными здѣсь таблицъ прецессіи.

## ЧАСТЬ II.

### Описательная астрономія или топографія неба.

#### ГЛАВА I.

#### С о л н ц е.

§ 1. **Масса, размѣры и плотность солнца.** Познакомившись въ первой части нашей книги съ разнообразными движеніями небесныхъ тѣлъ, мы можемъ теперь перейти къ изложению того, что намъ известно, благодаря зрительнымъ трубамъ, относительно строенія и физическихъ свойствъ этихъ тѣлъ.

Первыя главы настоящей, второй части нашей книги должны быть посвящены тѣламъ нашей солнечной системы, какъ ближайшимъ къ намъ. Наши странствованія по планетной системѣ мы начнемъ съ важнѣйшаго тѣла этой системы, находящагося въ ея центрѣ, именно съ солнца, отъ котораго все остальные тѣла нашей системы получаютъ свѣтъ и теплоту и которому они, вообще, обязаны безчисленными дарами. Благодаря послѣднимъ, многіе народы древности считали солнце божествомъ и устраивали въ честь его торжественныя празднества въ своихъ храмахъ. Это божество свѣта и обновляющейся природы у различныхъ народовъ было извѣстно подъ различными именами. Египтяне называли его Озирисомъ, Халдеи—Вааломъ, Финикіяне—Адонисомъ, Персы—Митрой, Греки—Аполлономъ. Но если тѣ дары, которые мы постоянно получаемъ отъ солнца, въ древности заставили людей относиться къ этому свѣтилу съ божескимъ почитаніемъ, то по совершенно другимъ причинамъ оно приобрѣло господство надъ подчиненными ему планетами и кометами. Этимъ господствомъ оно обязано своей огромной массѣ (I, § 14), которая въ 323 000 разъ больше массы земли и въ 700 разъ больше сумми массъ всехъ планетъ нашей солнечной системы. Ниже мы увидимъ, что, именно благодаря этой своей массѣ, солнце, такъ сказать, приковываетъ къ себѣ все планеты и заставляеть ихъ описывать въ молчаливомъ повиновеніи, предназначенныя имъ пути.

Точно также и по величинѣ ни одна изъ планетъ не можетъ сравниться съ солнцемъ. Диаметръ солнца составляетъ 1 386 700 километровъ (I, § 43). Следовательно, поверхность солнца равна 6 биліонамъ квадратныхъ километровъ, а его объемъ—14 триліонамъ кубическихъ километровъ. Однако, эти числа слишкомъ громадны, чтобы дать намъ ясное понятіе о размѣрахъ солнца, и мы считаемъ полезнымъ сравнить размѣры солнца съ размѣрами другихъ тѣлъ.

Самая маленькая изъ планетъ нашей солнечной системы это—Веста. Ея диаметръ составляетъ, какъ показали измѣренія Барнарда, 386 километровъ. Следовательно, диаметръ солнца въ 3 590 разъ больше диаметра Весты, а объемъ въ 46 400 милліоновъ разъ больше объема этой планеты. Это значитъ, что изъ солнца можно сдѣлать 46 400 милліоновъ галлскихъ шаровъ, какъ Веста, а такихъ шаровъ, какъ наша земля, изъ солнца можно сдѣлать 1 280 000. Даже если бы мы сложили вмѣстѣ все планеты нашей солнечной системы, то и въ этомъ случаѣ мы получили бы шаръ, объемъ котораго составлялъ бы только  $\frac{1}{100}$ -ую часть объема солнца. Путешественнику, дѣлающему ежедневно 70 километровъ, требуется

570 дней, чтобы совершить такъ называемое кругосвѣтное путешествіе, т. е. чтобы объѣхать окружность большого круга на земномъ шарѣ. При тѣхъ же самыхъ условіяхъ путешествіе вокругъ солнца можно было бы совершить только въ 62200 дней, т. е. болѣе, чѣмъ въ 170 лѣтъ. Но такъ какъ и эти числа все еще слишкомъ велики и, потому, не даютъ намъ яснаго представленія о необыкновенно огромныхъ размѣрахъ солнца, то представимъ себѣ, что шаръ, изображающій солнце, выдолбленъ внутри на столько, что въ его центрѣ можетъ помѣститься земля и что, кромѣ того, около этой послѣдней свободно можетъ двигаться внутри этой пустоты луна, отстоящая отъ земли на разстояніи 384 000 километровъ: толщина остающагося сплошного сферическаго слоя была бы приблизительно равна радиусу пустоты, выдолбленной внутри солнца!

Итакъ, солнце, по своимъ размѣрамъ и по своей массѣ, далеко превосходитъ всѣ планеты; но зато по своей плотности оно уступаетъ нѣкоторымъ изъ нихъ. Именно, плотность этого огромнаго тѣла въ четыре раза меньше плотности земли. Читатели могутъ спросить, откуда мы знаемъ все это и кто изслѣдовалъ солнце въ этомъ отношеніи. Однако было бы умѣстнѣе предложить подобный вопросъ раньше, когда мы говорили о массѣ солнца. Если же масса какого-нибудь тѣла и его объемъ извѣстны, то безъ всякаго труда мы можемъ опредѣлить также и его плотность, такъ какъ эта послѣдняя всегда равна массѣ тѣла, раздѣленной на его объемъ (I, § 14). Выше мы сказали, что масса солнца въ 323000 разъ и объемъ его въ 1 280 000 разъ больше массы и объема земли. Раздѣляя первое изъ этихъ чиселъ на второе, мы получаемъ дробь  $\frac{1}{4}$ . Слѣдовательно, плотность солнца составляетъ только четвертую часть плотности земли. Какимъ образомъ удалось опредѣлить массу солнца, объ этомъ будетъ сказано въ слѣдующей части нашей книги. Пока же мы должны просить читателей только объ одномъ, именно относиться съ полнымъ довѣріемъ ко всѣмъ нашимъ словамъ, а впоследствии мы надѣемся разъяснить удовлетворительнымъ образомъ все то, что теперь будетъ принято нашими читателями на вѣру.

Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что та плотность солнца, о которой мы говорили выше, есть только такъ называемая средняя его плотность. Это значитъ, что, если бы солнце во всѣхъ своихъ частяхъ состояло изъ совершенно однородной массы, то въ такомъ случаѣ его плотность составляла бы четвертую часть плотности нашей земли и, слѣдовательно, была бы приблизительно равна плотности смолы или каменнаго угля. Однако, только что высказанное предположеніе въ высшей степени невѣроятно, и впоследствии мы увидимъ, что плотность солнца, съ переходомъ отъ однихъ его частицъ къ другимъ, измѣняется, по всей вѣроятности, по тому-же закону, какъ и плотность земли, а именно: чѣмъ ближе къ центру солнца находятся его частицы, тѣмъ больше плотность массы, сосредоточенной въ этихъ частицахъ.

§ 2. Свободное паденіе тѣлъ на поверхности солнца. Астрономы не только сумѣли извѣстить массу у солнца и опредѣлить плотность того вещества, изъ котораго оно состоитъ, но имъ также удалось узнать, какое пространство при паденіи должно пробѣгать, на поверхности солнца, въ первую секунду какое-нибудь тяжелое тѣло, лишенное подставки и предоставленное самому себѣ. На поверхности нашей земли свободно падающее тѣло пробѣгаетъ въ первую секунду, какъ извѣстно, 5 метровъ; это уже неоднократно доказывалось наблюденіями, и въ этомъ всякій, если пожелаетъ, можетъ убѣдиться самъ. На поверхности же солнца, конечно, мы не можемъ производить подобныхъ наблюденій; но, несмотря на это, мы все же не менѣе достоверно знаемъ, что тамъ свободно падающее тѣло пробѣгаетъ въ первую секунду 136 метровъ, т. е. пространство, которое въ 28 разъ больше пространства, пробѣгаемаго свободно падающимъ тѣломъ на поверхности земли. Вѣдѣніе этого, тѣло, которое у насъ, на землѣ, вѣситъ, напр., 1 килограммъ, тамъ, на солнцѣ, должно вѣсить 28 килограммовъ. Но если бы даже мы могли какъ-нибудь попасть на солнце, то все же для этого опыта намъ нельзя было бы воспользоваться нашими



объемными вѣсами, такъ какъ на солнцѣ не только взвѣшиваемое тѣло, но также и шари, лежащія на другой чашкѣ вѣсовъ, едва ли бы въ 28 разъ тяжелѣе, чѣмъ на землѣ. Въ этомъ случаѣ, напр., упругая пружина, при помощи которой можно опредѣлять давленіе, оказываемое на нее лежащими на ней тѣломъ, послужила бы намъ лучшей службой, такъ какъ выразителемъ свѣскаго тѣла на солнцѣ вѣсиль въ 28 разъ больше, чѣмъ на землѣ собственнo обозначаетъ, что давленіе всякаго тѣла на подставку на поверхности солнца въ 28 разъ больше, чѣмъ на поверхности земли.

Безъ сомнѣнія, было бы также весьма интересно подробнѣе познакомиться съ физическими свойствами этого центрального тѣла нашей планетной системы. Однако солнце находится слишкомъ далеко отъ насъ и потому мало доступно для такого рода изслѣдованій. Даже если мы воспользуемся для этой цѣли лучшими нашими астрономическими трубами, то почему мы не можемъ разчитывать на большій успѣхъ въ этомъ отношеніи. Согласно съ сочными изслѣдованіями горизонтальныхъ параллелей (I, § 41) солнца составляетъ для жителей мѣсть, лежащихъ на земномъ экваторѣ, всего только  $8,85''$ , откуда мы выводимъ, что среднее расстояние отъ солнца до земли равно 148 600 000 километровъ. Пушечное ядро, летящее со скоростью 500 метровъ въ секунду, прошло бы это расстояние только въ 10 лѣтъ. Пусть же читатели судятъ сами, насколько обыченны наши надежды сдѣлать, при такихъ условіяхъ, великія открытія относительно строения поверхности солнца и относительно физическихъ свойствъ этого небеснаго тѣла, если даже поверхность земли, на которой мы сами живемъ, до сихъ поръ еще недостаточно изучена нами.

Но тѣмъ не менѣе, благодаря важному значенію этого величайшаго изъ всѣхъ тѣлъ нашей планетной системы и еще болѣе, можетъ-быть, благодаря тѣмъ благодѣяніямъ, которыя мы ежедневно и даже ежемгновенно получаемъ отъ него, мы считаемъ себя какъ бы обязанными заняться изслѣдованіемъ его физическихъ свойствъ, по крайней мѣрѣ настолько, насколько это позволяютъ наши ограниченныя силы. Вѣдъ мы уже упоминали о двухъ наиболее важныхъ благодѣяніяхъ, получаемыхъ нами отъ солнца: оно посылаетъ намъ свѣтъ и теплоту. Поэтому здѣсь вкратцѣ умѣстно нѣсколько долѣе остановиться на каждомъ изъ этихъ даровъ неба.

§ 3. Гипотеза истеченія свѣтового вещества и гипотеза волнообразнаго колебанія ээтра. Еще въ началѣ XIX-го стол. допускали, что отъ свѣтящихся и нагрѣтыхъ тѣлъ отдѣляются чрезвычайно маленькія частички особаго вещества, которыя движутся съ весьма большою скоростью и, достигая нашихъ нервовъ, ударяются о нихъ и производятъ раздраженіе, воспринимаемое нами подъ названіемъ свѣта или теплоты. Но такъ какъ вѣсъ тѣла, когда оно свѣтится или когда оно нагрѣто, не уменьшается, то следовало допустить, или что выходящія отъ отдѣляющагося отъ тѣла частички не подчиняются закону всеобщаго тяготѣнія, или что онѣ настолько малы, что вѣсъ ихъ не можетъ быть опредѣленъ при помощи самаго точнаго взвѣшивания; въ дѣствіе этого состояща изъ такихъ частицъ вещество, являющееся причиной свѣта и теплоты, равно какъ и такъ называемыя электрическія и магнитная живности, получили общее названіе невѣсомыхъ.

Теорія этихъ невѣсомыхъ, въ примѣненіи къ свѣту, получила названіе теоріи истеченія свѣтового вещества. На основаніи этой теоріи свѣтящіяся тѣла испускаютъ частички свѣтового вещества, которыя движутся прямолинейно по всѣмъ направленіямъ. Частицы, слѣдующія другъ за другомъ по направленію одной и той-же прямой линіи и составляющія такъ называемый лучъ свѣта, ветрчатъ свѣтлую оболочку нашего глаза, ударяются о нее, въ дѣствіе чего мы получаемъ ощущеніе, которое и называемъ свѣтомъ. Объясненіе отраженія и преломленія свѣта на основаніи теоріи истеченія свѣтового вещества не представляло никакихъ затрудненій; однако, чтобы объяснить по этой теоріи краенніе свѣта, наблюдаемые въ весьма тонкихъ пластинкахъ слюды, въ мыльныхъ пузыряхъ и т. д., пришлось прибѣгнуть къ новой гипотезѣ, именно къ гипотезѣ

такъ называемыхъ приступовъ. Эта гипотеза, развитая Ньютономъ, допускаетъ, что свѣтвыя частицы, двигаясь вдоль свѣтового луча, периодически мѣняютъ свои качества и, вслѣдствіе этого, въ одномъ случаѣ обладаютъ способностью отражаться, или такъ называемымъ приступомъ легкаго отраженія, въ другомъ — способностью преломляться, или такъ называемымъ приступомъ легкаго преломленія. Но векоръ и этой гипотезой несли было удовлетворяться. Съ открытіемъ поляризаціи (§ 6) пришлось допустить, что частицы свѣтового вещества, которыя прежде считались шарообразными, имѣютъ продолговатую форму и съ разныхъ сторонъ обладаютъ разными свойствами; поэтому свѣтвыя частички, смотря по тому, какой стороной онѣ обращены къ тѣлу, которое онѣ встрѣчаютъ на своемъ пути, иногда вовсе не отражаются отъ него, хотя бы это тѣло и было полипрозрачное и тогда же теряютъ способность проходить черезъ прозрачныя тѣла. Кроме того, теорія истеченія, для объясненія явленій поляризаціи, допускала въ свѣтовыхъ частичкахъ существованіе особыхъ осей, которыя подъ влияніемъ тѣлъ, сообщающихъ свѣгу свойства поляризаціи, во всѣхъ частичкахъ, находящихся на одномъ и томъ-же свѣтовомъ лучѣ, принимаютъ одно и то-же извѣстное направленіе. Но и этого было мало: векоръ явилась необходимость приписать частицамъ свѣтового вещества новыя свойства и, прежде всего, свойство полнротности, на основаніи котораго два конца одной и той-же свѣтовой частицы представляютъ два противоположные полюса, подобные полюсамъ магнита, откуда происходитъ и самое названіе поляризаціи. Подобнымъ же образомъ, съ открытіемъ интерференціи (§ 5), двойного лучепреломленія (§ 6) и т. п., словомъ — со всякимъ новымъ открытіемъ касающимся свойствъ свѣга, необходимо было приписывать также и свѣтовымъ частицамъ все новыя и новыя свойства.

Это обстоятельство побудило, въ началѣ XIX-го столѣтія, двухъ выдающихся физиковъ, Юнга въ Англійи и Френеля во Франціи, совершенно оставить теорію истеченія свѣтовой матеріи и вернуться къ теоріи волнообразнаго колебанія эѳира. Эта теорія, получившая свое начало еще отъ Декарта, была болѣе подробно развита Гюйгенсомъ въ то-же самое время, когда и Ньютонъ предложилъ свою теорію истеченія свѣтового вещества; но первая теорія долгое время не могла достигнуть глубокихъ корней и такимъ образомъ конкурировать съ послѣдней, не смотря на то, что уже Эйлеръ, при помощи въ высшей степени остроумныхъ замѣчаній, доказалъ неудовлетворительность теоріи истеченія свѣтового вещества и въ яркомъ освѣщеніи выставилъ преимущества теоріи волнообразнаго колебанія эѳира. Это объясняется исключительно тѣмъ высокимъ уваженіемъ и тѣмъ большимъ авторитетомъ, которымъ пользовался среди ученыхъ знаменитый основатель теоріи истеченія. На основаніи теоріи Гюйгенса, по общераспространенному теперь взгляду, свѣгъ вызывается колебаніями эѳира, т. е. до крайности разрѣженнаго, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, весьма упругаго вещества, проникающаго во всѣ матеріальныя тѣла и распространенаго по всему міровому пространству. Эти колебанія эѳира, достигая сѣтчатой оболочки нашего глаза, передаются нашему сознанію подъ видомъ свѣга совершенно такъ же, какъ проникающія въ наше ухо колебанія воздуха воспринимаются нами въ видѣ звука. И подобно тому, какъ разница тоновъ звука обусловливается большимъ или меньшимъ числомъ колебаній воздуха въ теченіе нѣкотораго определеннаго промежутка времени, точно также и различіе цвѣтовъ зависитъ отъ большаго или меньшаго числа колебаній эѳира въ теченіе нѣкотораго определеннаго промежутка времени. Съ тѣмъ поръ, какъ цѣлый рядъ знаменитыхъ математиковъ, Коши, Пуассонъ, Гринъ и другихъ, работая въ духъ основателя этого ученія, продолжали развивать послѣднее, пользуясь для этой цѣли силою математическаго анализа, не только явилась возможность объяснить всѣ наблюдаемыя явленія, не прибѣгая къ какимъ бы то ни было новымъ предположеніямъ, но также неоднократно удалось предсказывать неизвѣстныя раньше явленія, которыя послѣ этого были впервые наблюдаемы только благодаря этимъ предсказаніямъ. Это было, безъ сомнѣнія, подлиннымъ торжествомъ гипотезы волнообразнаго колебанія эѳира. Впрочемъ,

въ наше время удалось при помощи опытовъ доказать, что свѣтъ въ болѣе плотной средѣ распространяется съ меньшею скоростью, чѣмъ въ болѣе разрѣженной, и такимъ образомъ теперь мы имѣемъ прямое доказательство справедливости теории волнообразнаго колебанія эѳира, такъ какъ, если бы была справедлива гипотеза исеченія свѣтового вещества, то имѣло бы нѣсего обратное явленіе.

Послѣ того какъ удалось изгнать изъ физики одно изъ невѣсомыхъ, начали относиться съ болѣею осторожностью и къ остальнымъ невѣсомымъ, такъ какъ нѣкоторые ежедневно наблюдаемые факты, на которые раньше не обращали должнаго вниманія, находились въ прямомъ противорѣчій съ теоріей этихъ невѣсомыхъ. Такъ, напр., если мы будемъ тереть одно о другое два тѣла, то оба они при этомъ нагрѣваются. Прежде, когда теплоту разсматривали какъ нѣкоторое невѣсомое, приходящее всякому тѣлу вещество, которое называли теллородомъ, для объясненія этого явленія допускали, что при треніи всякое тѣло выдѣляетъ, или, какъ говорятъ, освобождаетъ свой теллородъ. Если бы это объясненіе было справедливо, то, повторяя нашъ опытъ съ двумя данными тѣлами неодновременно, черезъ известные промежутки времени, мы должны были бы при каждомъ новомъ опытѣ наблюдать постепенное уменьшеніе нагрѣванія, и, въ концѣ концовъ, это нагрѣваніе совсѣмъ прекратилось бы, такъ какъ въ каждомъ изъ трущихся тѣлъ съ теченіемъ времени оставалось бы все меньше и меньше теллорода. Однако, это заключеніе никоимъ образомъ не подтверждается ежедневнымъ опытомъ; напротивъ того, мы видимъ, что, сколько бы разъ мы ни повторяли опыта съ трущимися тѣлами, всегда, при одинаковыхъ обстоятельствахъ, развивается одно и то же количество теплоты.

Прежде на это замѣчательное явленіе обращали такъ же мало вниманія, какъ и на многія другія, не менѣ бросающіяся въ глаза. Такъ, напр., извѣстно, что шаръ, приведенный въ движеніе на горизонтальной плоскости, мало-по-малу теряетъ свою скорость и, въ концѣ концовъ, совсѣмъ останавливается. Прежде по этому поводу, безъ дальнѣйшихъ размышленій, говорили, что это вполне естественно, такъ какъ трене мало-по-малу уничтожаетъ движущую силу, и этимъ объясненіемъ довольствовались, не задаваясь вопросомъ, насколько оно правдоподобно. Между тѣмъ то обстоятельство, что шаръ постепенно нагрѣвается и притомъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше была первоначальная сообщенная ему скорость, должно было бы служить достаточнымъ указаніемъ, что сила, сообщившая шару движеніе, не исчезла безслѣдно, какъ склонны были думать прежде. Когда въ новѣйшее время было обращено болѣе вниманіе на это обстоятельство, то мало-по-малу составился новый взглядъ, а именно, что исчезновеніе движущей силы есть лишь кажущееся явленіе, по что, въ действительности, движеніе превращается въ теплоту, и что, слѣдовательно, теплота не представляетъ собою какого бы то ни было вещества, а есть только новая форма, въ которой представляется нашимъ чувствамъ движеніе.

Пользуясь этими и имъ подобными разсужденіями ученые постепенно совершенно изгнали изъ физики такъ называемыя невѣсомыя, и всѣ явленія, которыя прежде объяснялись на основаніи теории этихъ невѣсомыхъ, стали объяснять движеніемъ; въ частности, свѣтъ и лучистая теплота, которые здѣсь представляють для насъ наиболѣйшій интересъ, объясняются въ настоящее время поперечными колебаніями эѳира, проникающаго всѣ матеріальныя тѣла, или, по все болѣе и болѣе распространяющемуся взгляду, колебаніями мельчайшихъ частицъ самихъ тѣлъ.

Пользуясь новой теоріей мы легко можемъ объяснить интерференцію и поляризацию, эти два явленія, объясненіе которыхъ при помощи теоріи невѣсомыхъ не выдерживало никакой критики. Именно, новая теорія принимаетъ, что свѣтъ и теплота сами по себѣ не уничтожались, вмѣстѣ съ тѣмъ, на основаніи этой теоріи, прямо противоположныя другъ другу колебанія, иначе говоря, прямо противоположныя другъ другу движенія, взаимно уничтожаются, что вполне естественно.

§ 4. **Принципъ сохраненія энергіи.** Изнаніе изъ физики невѣсомыхъ повлекло за собою установленіе новаго принципа, именно принципа сохраненія силы, который въ настоящее время обыкновенно называется, по предложенію Раикина, принципомъ сохраненія энергіи. Первые зачатки этого принципа мы находимъ уже у Бакона (1620 г.); попытки болѣе подробнаго развитія его принадлежать Декарту, Румфорду, Юнгу и другимъ; но собственно глубокіе корни пустилъ этотъ принципъ лишь тогда, когда онъ проникъ въ Германію, главнымъ образомъ благодаря стараніямъ І. Р. Майера въ Хейльброннѣ (1842 г.). Наконецъ, въ 1843 году, онъ былъ доказанъ опытнымъ путемъ Джоу-лемъ въ Манчестерѣ. Здѣсь мы вкратцѣ изложимъ лишь самыя основныя положенія этого новаго ученія.

Уже съ давнихъ поръ, особенно благодаря трудамъ Лавуазье былъ установленъ тотъ неопровержимый фактъ, что ни одна частица вещества, разбѣившаго по всему мировому пространству, не пропадаетъ и не творится вновь. Однако совершенно иное мнѣніе было распространено относительно энергіи, или, по прежнему выраженію, относительно силы, которая является причиной движенія, и о величинѣ которой мы можемъ судить по длинѣ пути, проходимого тѣломъ, подъ ея дѣйствіемъ, въ известный промежутокъ времени, или, какъ говорятъ, на основаніи производимой ею работы. Именно, прежде полагали, что при помощи ряда процессовъ энергія или способность тѣла произвести нѣкоторую работу можетъ быть создана, а при помощи другого ряда процессовъ она опять можетъ быть безслѣдно уничтожена. Однако этотъ взглядъ противорѣчитъ новѣйшей физикѣ, которая исходитъ изъ того основнаго положенія, что при созданіи матеріи этой послѣдней было сообщено нѣкоторое количество энергіи, которое не можетъ быть ни увеличено, ни уменьшено, такъ что въ этомъ смыслѣ энергія такъ-же неизмѣнна, какъ и сама матерія. Но какъ для матеріи возможны извѣстныя превращенія, вслѣдствіе чего мѣняется лишь наружный видъ вещества, но не самая его сущность, такъ-же точно и энергія можетъ принимать разнообразныя формы. Известно, что кислородъ и водородъ, соединясь при помощи химическихъ процессовъ, образуютъ одно тѣло — воду, которая по своему наружному виду не имѣетъ ни малѣйшаго сходства ни съ однимъ изъ тѣлъ, входящихъ въ ея составъ, хотя ни одна частица этихъ тѣлъ не исчезла безслѣдно. Ничто подобное замѣчается и относительно энергіи.

Изъ ежедневнаго опыта, мы знаемъ, что поступательное движеніе какого-нибудь тѣла черезъ посредство тренія обращается въ колебательное движеніе мельчайшихъ частицъ этого тѣла, что нашими чувствами воспринимается въ видѣ теплоты. Другими словами, въ этомъ случаѣ энергія поступательнаго движенія превращается въ тепловую энергію, но количество энергіи при этомъ остается неизмѣннымъ. Всякое сложное вещество извѣстнымъ образомъ можетъ быть снова разложено на тѣ первоначальныя вещества, изъ которыхъ оно было составлено; такъ, напр., вода можетъ быть снова разложена на свои составныя части — водородъ и кислородъ. Ничто подобное имѣетъ мѣсто и относительно энергіи. Такъ, напр., тепловая энергія при помощи паровой машины можетъ быть снова обращена въ энергію поступательнаго движенія.

Точныя изслѣдованія показываютъ, что то количество теплоты, которое необходимо для производства движенія, можетъ быть снова получено, если мы движеніе превратимъ опять въ теплоту, напр., черезъ посредство тренія.

Для большей ясности приведемъ сравненіе, взятое изъ ежедневной жизни и относящееся къ предметамъ нашей торговли. Золотая монета и драгоценный камень представляютъ, повидимому, совершенно различные предметы, тѣмъ не менѣе мы можемъ, заплативши золотую монету, получить взаимѣнъ ея драгоценный камень и, обратно, отдавши этотъ послѣдній, получить взаимѣнъ его золотую монету. Какую роль въ торговлѣ играетъ цѣнность денегъ, совершенно такую же въ механической теоріи теплоты играетъ такъ называемая живая сила или кинетическая энергія. Эта послѣдняя можетъ принимать различ-

разныя формы совершенно такъ-же, какъ одну и ту же цѣнность могутъ представлять кусокъ серебра, кусокъ золота и драгоценный камень. И подобно тому, какъ мы можемъ выразить отношеніе цѣнности драгоценнаго камня къ цѣности серебра или золота, совершенно также мы можемъ опредѣлить, какое количество энергіи движенія, иначе говоря, какую движущую силу мы можемъ получить, затративъ некоторое опредѣленное количество теплоты. Именно, найдено, что количество теплоты, потребное для того, чтобы нагрѣть одинъ килограммъ воды на одинъ градусъ Цельсія, или, другими словами, такъ называемая единица теплоты, будучи обращена въ энергію движенія, даетъ движущую силу, равную 429 килограммъ-метрамъ, т. е. силу, способную въ теченіе одной секунды поднять 429 килограммовъ на высоту одного метра. Это число, выражающее, такъ сказать, отношеніе цѣности тепловой энергіи къ цѣности энергіи движенія, называется механическимъ эквивалентомъ теплоты.

Въ дѣйствительности, никогда все количество теплоты не обращается въ движеніе, но всегда некоторое количество ея, повидимому, пропадаетъ безслѣдно; и обратно: никогда все количество энергіи движенія не обращается въ тепловую энергію. Такимъ образомъ, здѣсь опять замѣчается то-же самое, что и при покупкѣ и продажѣ какого-нибудь предмета. Если, напр., мы приобрѣли какой-нибудь драгоценный камень и затѣмъ снова хотимъ его продать, то вѣснѣрѣ никоимъ образомъ не дасть намъ за него той суммы денегъ, которую мы ему заплатили при покупкѣ, а непремѣнно нѣсколько меньше. И обратно, если мы продали ему какой-нибудь драгоценный камень и затѣмъ снова хотимъ его купить, то мы заплатимъ ему нѣсколько больше, чѣмъ раньше получили отъ него за тотъ-же самый камень. Въ обоихъ этихъ случаяхъ мы теряемъ некоторую сумму денегъ, но въ дѣйствительности эти деньги не исчезаютъ безслѣдно: ихъ получаетъ ювелиръ въ видѣ процента. Точно также, и при превращеніи энергіи движенія въ тепловую или обратно, часть энергіи, только повидимому, исчезаетъ безслѣдно; на самомъ же дѣлѣ она тратится на производство некоторой работы. Такъ, напр., при вколачиваніи гвоздя въ стѣну, только некоторая часть энергіи молотка, какъ движущаго тѣла, обращается въ тепловую энергію, что узнается по нагрѣванію головки гвоздя при ударѣ молотка; другая же часть энергіи движенія этого послѣдняго, передаваясь гвоздю, заставляетъ его входить въ стѣну. Но вследствие этого принципа сохраненія энергіи, очевидно, нисколько не нарушается.

Движеніе и теплота—это не единственныя формы, которыя можетъ принимать энергія. Она можетъ проявляться также, напр., въ видѣ химическаго сродства. Подъ названіемъ химическаго сродства подразумѣвается стремленіе двухъ тѣлъ къ взаимному соединенію. Въ моментъ соединенія всегда выделяется извѣстное количество теплоты. Такъ, напр., уголь, сгоря въ воздухѣ, соединяется съ кислородомъ этого послѣдняго и образуетъ новое тѣло—такъ называемый углекислый газъ; при этомъ процессѣ, какъ мы знаемъ, развивается значительное количество теплоты. Кислородъ и уголь, эти два тѣла, способные къ взаимному соединенію, до соединенія обладаютъ, слѣдовательно, извѣстнымъ запасомъ энергіи въ видѣ химическаго сродства, но эта энергія въ моментъ соединенія обращается въ тепловую. Сравнивая только что упомянутый запасъ энергіи съ капиталомъ, мы можемъ сказать, что, сжигая уголь въ кислородѣ нашего воздуха, мы расходуемъ этотъ капиталъ; но зато взявъ его мы получаемъ некоторое количество теплоты, которое имѣетъ ту-же цѣнность, какъ и зарѣченный капиталъ, такъ что мы можемъ во всякое время, пользуясь надлежащимъ способомъ, получить этотъ капиталъ обратно.

Все вышесказанное относится не только къ такимъ процессамъ горѣнія, которыя являются замѣтными для нашего глаза, благодаря появляющемуся при этомъ пламени, но также и къ процессамъ такъ называемому горѣнію безъ огня; подобные процессы постоянно происходятъ въ нашемъ тѣлѣ. Все наши съѣстные припасы суть вещества, способныя къ горѣнію, иначе говоря—способныя къ соединенію съ кислородомъ, хотя они, благодаря содержащейся въ нихъ влагѣ, непосредственно и не могутъ сгорать. Мы вдыхаемъ кислородъ воздуха;

въ нашихъ легкихъ этотъ кислородъ приходитъ въ соприкосновеніе съ соками, которые вырабатываются въ нашемъ организмѣ благодаря принимаемой нами пищѣ и которые содержатъ въ себѣ свободный, т. е. еще не соединившійся съ кислородомъ, углеродъ, этотъ послѣдній соединяется съ вдыхаемымъ нами кислородомъ, иначе говоря — горитъ въ немъ, вслѣдствіе чего образуется углекислота, которую мы и выдыхаемъ; при этомъ горѣніи въ тѣлѣ человека и, вообще, въ тѣлѣ всякаго животнаго постоянно развивается теплота, замѣняющая собою, такимъ образомъ, ту теплоту, которую тѣло непрерывно теряетъ черезъ лучеиспусканіе въ окружающее его пространство. Поэтому понятно, что негръ въ течение дня довольствуется для своего пропитанія горстью риса: тѣло негра получаетъ въ окружающее пространство небольшое количество теплоты, слѣдовательно, онъ можетъ довольствоваться такимъ количествомъ пищи, благодаря которому въ его тѣлѣ развивается также лишь небольшое количество теплоты. Жители южныхъ странъ питаются богатою углеродомъ ворванью, такъ какъ окружающее ихъ земное пространство отнимаетъ отъ ихъ тѣла большее количество теплоты. Говяже также, многие сѣверные народы питаются пристрастие къ спиртнымъ напиткамъ, весьма богатымъ горючими составными частями, не потому, что эти напитки случайно пришлись имъ по вкусу, но потому что они составляютъ потребность ихъ организма.

Мы знаемъ, что при всякомъ химическомъ соединеніи освобождается теплота. Что же должно произойти въ томъ случаѣ, если мы попытаемся полученное соединеніе снова разложить на составныя части, иначе говоря, — если мы попытаемся возстановить вещества, способныя къ горѣнію? При горѣніи, иначе говоря, — при соединеніи двухъ веществъ въ одно сложное, энергія химическаго сродства превращается въ тепловую энергію, при обратномъ процессѣ, т. е. при разложеніи сложнаго вещества на два простыхъ, входящихъ въ его составъ, надо, напротивъ того, потратить то же самое количество теплоты, которое выдѣлилось при ихъ соединеніи. Эта теплота, которая есть ни что иное, какъ особая форма энергіи, необходима для того, чтобы въ нашемъ примѣрѣ раздѣлить кислородъ и углеродъ, входящіе въ составъ углекислоты, другими словами, — для того, чтобы преодолѣть силу, которая удерживаетъ кислородъ и углеродъ въ соединеніи другъ съ другомъ. Употребляемая для этого теплота, повидимому, исчезаетъ безслѣдно, на самомъ же дѣлѣ въ этомъ случаѣ тепловая энергія обращается въ энергію химическаго сродства, но при соединеніи составныхъ частей снова въ одно тѣло опять выдѣляется то же самое количество теплоты.

Приложимъ теперь все вышесказанное къ органическому міру. Если бы углекислота, получающаяся какъ результатъ горѣнія, которое происходитъ въ тѣлѣ всякаго животнаго, не разлагалась снова на свои составныя части, то, въ концѣ концовъ, все способное къ горѣнію было бы уничтожено и, вслѣдствіе этого, всякая жизнь на землѣ прекратилась бы. Но въ природѣ возможность такого исхода предумыслительно предотвращена тѣмъ, что въ ней кругообращеніе вещества распределяется слѣдующимъ образомъ. Въ тѣлѣ животныхъ происходитъ такъ называемое горѣніе безъ огня, благодаря которому животныя приобретаютъ жизнеспособность. Растенія же несутъ обязанность разлагать продуктъ горѣнія — углекислоту и возстановлять вещества, необходимыя для горѣнія. Это можетъ быть непосредственно доказано при помощи простаго опыта. Въ самомъ дѣлѣ, если мы помѣстимъ какое-нибудь растеніе подъ стеклянный колоколь, герметически закрытый со всѣхъ сторонъ и наполненный углекислотой, и затѣмъ выставимъ весь приборъ на солнце, то черезъ нѣсколько времени мы убѣдимся, что подъ колоколомъ болѣе нѣтъ углекислоты, эта послѣдняя разложилась на свои составныя части, и только одна изъ нихъ, именно газообразный кислородъ, находится теперь подъ колоколомъ; углеродъ же впитало въ себя растеніе, благодаря чему у этого послѣдняго образовались новые листья, и стволъ получилъ дальнѣйшее развитіе. Но теплота, необходимая для разложенія углекислоты на кислородъ и углеродъ, была выработана не самимъ растеніемъ; то обстоятельство, что описанный опытъ удастся только на солнечномъ свѣтѣ, ясно показываетъ, что требуемое количество теплоты

въ этомъ случаѣ доставляется солнцемъ; растеніе же только превратило свѣтовые и тепловые лучи солнца или такъ называемую лучистую эвергію въ энергію химическаго средства, которая, впрочемъ, во всякое время можетъ обратиться опять въ тепловую энергію, если раздѣленные въ данномъ случаѣ составныя части углекислота снова соединятся въ одно тѣло.

Вышесказанное даетъ намъ достаточное понятіе о томъ удивительномъ устройствѣ природы, благодаря которому она, не смотря на всѣ видимыя перемѣны, остается вѣчно юной. Животныя употребляютъ въ пищу продукты растительнаго царства и расходуютъ теплоту, развивающуюся въ ихъ тѣлѣ подъ вліяніе горѣнія этихъ продуктовъ; растенія же суть ни что иное, какъ мастерскія, въ которыхъ снова разлагается на свои составныя части углекислота, получающаяся какъ результатъ этого горѣнія, и въ которыхъ, такимъ образомъ, приготовляются вещества, снова способныя къ горѣнію.

Слѣдовательно растеніе является лишь посредникомъ между животнымъ міромъ и той всеоживляющей силой солнца, благодаря которой дѣлается возможнымъ самое наше существованіе. Но не одни мы, живыя существа, зависимъ отъ этой силы солнца; вся природа погрузилась бы въ глубокій, нѣмой покой, если бы эта же самая сила не оживляла ее безпрестанно. Эта сила является причиной всѣхъ движеній и всѣхъ перемѣнъ, происходящихъ на поверхности земнаго шара. Въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ текутъ съ горы ручейки; эти ручейки впадаютъ въ рѣки, которыя, въ свою очередь, несутъ свои воды въ океанъ, благодаря солнечной теплотѣ, вода въ океанахъ испаряется, и, такимъ образомъ, частицы воды поднимаются вверхъ и тамъ сгущаются въ видѣ облаковъ, съ тѣмъ чтобы затѣмъ снова начать свое кругообращеніе. Самый сильный ураганъ и самый нѣжный зефиръ объясняются разностью температуръ въ двухъ рядомъ лежащихъ мѣстностяхъ; а эта разность температуръ, въ свою очередь, вызывается согревающей силой солнца. Мельникъ и морякъ живутъ одинаковымъ образомъ отъ благодѣяній солнца, и если мы теперь, съ помощью пара, можемъ объѣхать весь земной шаръ, то этимъ мы обязаны опять той силѣ, той энергіи, которую солнце въ теченіе многихъ тысячелѣтій накопило въ залежахъ каменнаго угля и которую мы обращаемъ сначала въ тепловую энергію, а затѣмъ въ энергію поступательнаго движенія.

Итакъ, все огромное количество энергіи, проявляющейся на нашей землѣ въ самыхъ разнообразныхъ формахъ, доставляется намъ солнцемъ; одно солнце служить источникомъ жизни не только на нашей землѣ, но и, вообще, во всей нашей планетной системѣ. Но все же, на основаніи того же самаго принципа сохраненія энергіи, солнце само по себѣ не можетъ вѣчно доставлять намъ свѣтъ и теплоту. Тайственная связь, существующая между солнцемъ и другими системами, пути, проходимые лучами солнца, послѣ того какъ они, благодаря самымъ разнообразнымъ превращеніямъ, уже послужили на землѣ или на другихъ планетахъ на пользу живымъ существамъ, наконецъ, тѣ пространства, куда эти лучи снова устремляются, съ тѣмъ чтобы затѣмъ опять, уже съ обновленной энергіей, въ вѣчномъ кругообращеніи, начать свой прежній путь,—все это, при нашихъ слабыхъ силахъ, недоступно нашему изслѣдованію. Но, во всякомъ случаѣ, мы должны радоваться тому, что находимся на пути этого благодѣтельнаго потока солнечныхъ лучей и что мы можемъ властвовать надъ этими лучами, пока они находятся въ нашихъ земныхъ владѣніяхъ.

§ 5. **Свѣтовые волны.** Возвращаясь снова къ разсмотрѣнію свѣтовыхъ явленій, мы, согласно съ предыдущимъ, должны допустить, что свѣтящееся тѣло производитъ поперечныя колебанія эира, которыя, достигая сѣтчатой оболочки нашего глаза, вызываютъ въ немъ ощущеніе свѣта, совершенно такъ-же, какъ продольныя воздушныя волны, достигая нашего уха, производятъ въ немъ ощущеніе звука.

Собразно съ этимъ, мы можемъ представить себѣ, что колебанія эира, вызываемыя какой-нибудь свѣтящейся точкой, подобны волнамъ, которыя камень, брошенный въ

воду, производить на ее поверхности. Направлениемъ свѣтового луча опредѣляется направление, по которому распространяются эти свѣтовые волны; каждая частица эйра, совершенно такъ же, какъ и любая частица поверхности воды, собственно не перемѣщается по тому направлению, по которому распространяются волны, но только постоянно то поднимается, то опускается, иначе говоря,—колеблется въ извѣстныхъ предѣлахъ около нѣкотораго средняго положенія, при чемъ это колебательное движеніе постепенно сообщается сосѣднимъ частицамъ. Передача этого движенія совершается въ теченіе нѣкотораго времени, такъ что не всѣ частицы поднимаются и опускаются въ одно и то-же время, но послѣдовательно, одна за другой, достигаютъ овѣ своего высшаго положенія. То мѣсто, въ которомъ соответственная частица эйра достигаетъ своего наивысшаго положенія, другими словами — возвышеніе волны, кажется, поэтому, перемѣщающимся по направлению луча свѣта; за этимъ возвышеніемъ слѣдуетъ углубленіе волны, за нимъ—слѣдующее возвышеніе и т. д.

Если на поверхности воды сталкиваются одна съ другою двѣ системы волнъ, то мѣстами возвышенія и углубленія волнъ одной системы встрѣчаются соответственно съ возвышеніями и углубленіями волнъ другой, мѣстами же возвышенія одной системы встрѣчаются съ углубленіями другой. Въ первомъ случаѣ, какъ легко понять, волнообразное движеніе усиливается, а во второмъ оно ослабляется и даже можетъ совершенно уничтожиться. Тоже самое случается и съ свѣтовыми волнами; именно, два луча, встрѣчаясь при извѣстныхъ обстоятельствахъ, въ дѣйствительности могутъ произвести впечатлѣніе темноты. Это было доказано знаменитымъ физикомъ Френелемъ при помощи простаго и весьма извѣстнаго опыта, излагаемаго въ элементарныхъ курсахъ физики, такъ что намъ нѣтъ необходимости на этомъ останавливаться. Для нашей цѣли достаточно только указать еще на общезвѣстный фактъ, что это явленіе, которое носитъ названіе интерференціи, доставило намъ способъ опредѣленія длины свѣтовыхъ волнъ любого цвѣта. Именно, длины свѣтовыхъ волнъ различныхъ цвѣтовъ или, какъ говорить, различныхъ частей спектра (см. ниже § 7), которая мы пока обозначимъ буквами *A, B, C...*, выражаются слѣдующими числами:

Часть спектра	Длина волны въ миллиметрахъ.
<i>A</i> , въ началѣ краснаго цвѣта . . . . .	0,000 761.
<i>B</i> , въ красномъ цвѣтѣ . . . . .	687.
<i>C</i> , въ красномъ цвѣтѣ . . . . .	656.
<i>D</i> , между оранжевымъ и желтымъ цвѣтами . . . . .	589.
<i>E</i> , въ зеленомъ цвѣтѣ . . . . .	527.
<i>F</i> , въ зеленовато-голубомъ цвѣтѣ . . . . .	486.
<i>G</i> , въ синемъ цвѣтѣ . . . . .	431.
<i>H</i> , въ фіолетовомъ цвѣтѣ . . . . .	397.

Такъ какъ колебанія всякой свѣговой волны распространяются съ одинаковой скоростью, именно съ извѣстною уже намъ скоростью свѣта, которая равна 300000 километровъ въ секунду (Часть I, § 46), то мы легко можемъ вычислить продолжительность одного колебанія волны любого цвѣта. Такъ, напр., длина волны краснаго цвѣта въ части *A* спектра составляетъ 0,000761 мильметра, поэтому, на протяженіи 300000 километровъ помѣщаются 394 билліона волнъ краснаго цвѣта. Представимъ себѣ, что гдѣ-нибудь на протяженіи свѣтового луча отложена длина, равная 300000 километровъ. Колебанія волны краснаго цвѣта распространяются отъ начальной точки этой длины до ея конечной точки, очевидно, въ теченіе одной секунды. Ибо, что въ теченіе одной секунды та точка эйра, которая совпадетъ съ начальной точкой упомянутой выше дли-



ны, должна совершить 394 билліона колебаній. Следовательно продолжительность одного колебания составляет всего только  $\frac{1}{394000000000000}$  секунды. Въ слѣдующей таблицѣ дано число колебаний волнъ различного цвѣта, иначе говоря, волнъ различныхъ частей спектра въ теченіе одной секунды времени.

Часть спектра.	Число колебаній въ 1 секунду.	Часть спектра.	Число колебаній въ 1 секунду.
A . . . . .	394 билліона.	E' . . . . .	569 билліоновъ.
B . . . . .	437 >	F' . . . . .	617 >
C . . . . .	457 >	G . . . . .	696 >
D . . . . .	509 >	H . . . . .	756 >

Вышериведенныя цифра служатъ, между прочимъ, прекраснымъ доказательствомъ того, что большее или меньшее число колебаній свѣтовой среды, или такъ называемаго зѳира воспринимается нашимъ глазомъ какъ тотъ или другой цвѣтъ, совершенно подобно тому, какъ въ звукѣ высота тона обуславливается большимъ или меньшимъ числомъ колебаній воздуха. Въсѣтъ съ тѣмъ видно, что нашъ глазъ способенъ воспринимать цвѣтовые отблески въ гораздо болѣе узкихъ предѣлахъ, чѣмъ ухо звуковые. Замѣтнувъ способъ выраженія въ ученія о звукѣ, мы можемъ сказать, что весь видимый нашимъ глазомъ спектръ една охватываетъ одну октаву.

§ 6. Поляризація. Для полной характеристики всякаго колебательнаго движенія и въ частности колебательнаго движенія какой-нибудь частицы зѳира, необходимо знать.

1) амплитуду или размахъ колебания, иначе говоря, величину пространства, проходимого колеблющейся частицей при каждомъ колебаніи, чѣмъ, въ нашемъ частномъ случаѣ, опредѣляется сила свѣта;

2) направленіе, по которому перемѣщается колеблющаяся частица.

3) продолжительность или періодъ одного колебания, чѣмъ, въ нашемъ случаѣ, обуславливается цвѣтъ (§ 5).

Отъ амплитуды колебанія зависить исключительно сила свѣта, но не цвѣтъ. Въ самомъ дѣлѣ, амплитуда колебанія не оказываетъ вліянія на его продолжительность, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ качаній маятника (Часть I, § 16), такъ какъ, чѣмъ болѣе амплитуда, т. е. чѣмъ болѣе путь, проходимый точкой при колебательномъ движеніи, тѣмъ съ болѣею скоростью она совершаетъ это движеніе.

Что касается направленія колебательнаго движенія, то прежде всего рассмотримъ одинъ случай волнъ въ какомъ-нибудь водномъ бассейнѣ. Известно, что въ этомъ случаѣ волны поднимаются и опускаются всегда въ направленіи силы тяжести, такъ какъ именно эта сила стремится привести частицы въ положеніе ихъ покоя и, вслѣдствіе этого, сообщаетъ всему движенію періодическій характеръ. Въ случаѣ же свѣтовыхъ волнъ причиной колебательныхъ движеній является не сила тяжести, а упругость зѳира, совершенно подобно тому, какъ балансиръ карманныхъ часовъ приводится въ движеніе упругостью пружины, а не силой тяжести, послѣдствіемъ которой совершаетъ свои размахи маятникъ стѣнныхъ часовъ. Но въ какую бы сторону ни перемѣстилась частичка зѳира, упругость этого послѣдняго по всемъ направленіямъ одна и та же, вслѣдствіе чего эти колебания могутъ происходить и, въ случаѣ обыкновеннаго свѣта, дѣйствительно происходятъ по всевозможнымъ поперечнымъ (§§ 3 и 4) направленіямъ, т. е. по такимъ направленіямъ, которыя перпендикулярны къ лучу свѣта.

Однако легко можно себѣ представить такой свѣтъ, который вызывается колебаніями частицъ зѳира, происходящими постоянно по одному и тому же направленію. Такой свѣтъ называется поляризованнымъ; плоскость, опредѣляемая направленіемъ луча свѣта и направленіемъ колебаній, иначе говоря, плоскость, въ которой, происходятъ эти

колебания, получает название плоскости колебаний. Важным образом происхождения поляризованный светъ, это станетъ болѣе понятнымъ изъ нижеслѣдующаго разсмотрѣнія.

Положимъ, что точка  $A$  принадлежитъ свѣтовому лучу, направленіе котораго перпендикулярно къ плоскости бумаги (рис. 74). Мы только что сказали, что въ случаѣ обыкновеннаго свѣта, частицы эфира могутъ совершать своя колебания по всевозможнымъ направлениямъ, перпендикулярнымъ къ направленію луча свѣта. Слѣдовательно, лини  $CD$ ,  $EF$ ,  $GH$ , лежащія въ плоскости бумаги, представляютъ тѣ направленія, по которымъ происходятъ въ этомъ случаѣ колебания частицъ эфира. Разсмотримъ подробнѣе колебания частицъ эфира по одному изъ этихъ направленій, напр., по направленію  $AC$ , и обратимся для этого къ рисунку 75.

Частица эфира можетъ перемѣститься изъ точки  $A$  въ точку  $C$  различными способами. Съ одной стороны, нѣкоторая сила, дѣйствующая по направленію  $AC$ , можетъ заставить эту частицу перемѣститься непосредственно изъ  $A$  въ  $C$ . Съ другой стороны та же самая частица можетъ сначала перемѣститься изъ точки  $A$  въ точку  $K$ , подъ влияніемъ нѣкоторой силы, дѣйствующей по направленію  $AK$ , и затѣмъ изъ точки  $K$  въ точку  $C$ , подъ влияніемъ другой подобной же силы, дѣйствующей по направленію, параллельному лини  $AL$ . Но если обѣ эти силы, дѣйствуя одновременно, заставляютъ частицу, совпадающую съ точкой  $A$ , перемѣщаться—одна по направленію  $AK$ , а другая по направленію  $AL$ , то въслѣдствіе этого разсматриваемая частица также перемѣстится изъ точки  $A$  въ точку  $C$ , но только не по ломаной лини  $AKC$ , а непосредственно по прямой  $AC$ . Слѣдовательно перемѣщеніе частицы изъ точки  $A$  въ точку  $C$  можетъ быть одинаково хорошо объяснено какъ движеньемъ по лини  $AC$ , такъ и двумя одновременно совершающимися движеньями по взаимно перпендикулярнымъ линиамъ  $AK$  и  $AL$ . Подобнымъ же образомъ мы можемъ всякое колебательное движенье, совершающееся по любому изъ остальныхъ направленій  $AF$ ,  $AN$  (рис. 74), разложить на два движенья (Часть I, § 47), изъ которыхъ одно происходитъ по направленію  $AX$ , а другое по направленію  $AU$  (рис. 75). Такимъ образомъ всякій свѣтовой лучъ, въ которомъ колебания совершаются по всевозможнымъ направленіямъ, мы можемъ замѣнить такимъ лучомъ, въ которомъ колебания совершаются только по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ. Оба эти луча въ дѣйствительности вполнѣ тождественны. Разница заключается исключительно въ способѣ представленія колебаний. Во второмъ случаѣ мы, такъ сказать, разлагаемъ лучъ на два составныхъ луча.

Но такъ какъ эти два составныхъ луча, въ которыхъ колебания происходятъ по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, при обыкновенныхъ условіяхъ всегда соединяются въ одинъ, и, слѣдовательно, при прохожденіи черезъ прозрачныя тѣла, оба одинаковымъ образомъ отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, то они, и послѣ такого прохожденія, соединяясь, даютъ опять тогъ же самый обыкновенный свѣтовой лучъ. Однако, нѣкоторыя вещества, напр., такъ называемый исландскій шпатель, обладаютъ свойствомъ преломлять оба составные луча, вообще, неодинаковымъ образомъ, такъ что они, по выходѣ изъ этого кристалла, уже болѣе не соединяются въ одинъ лучъ, а распространяются далѣе, каждый отдѣльно, въслѣдствіе чего, между прочимъ, все предметы, при разсматриваніи ихъ черезъ этотъ кристаллъ, представляются двойными. Такой кристаллъ представляетъ простѣйшій способъ полученія поляризованнаго свѣта; для этого, послѣ раздѣленія составныхъ лучей при помощи преломленія ихъ въ исландскомъ шпатель, надо одинъ изъ нихъ совершенно устраничь, чего можно достигнуть при помощи такъ называемой николевой призмы. Въ такомъ случаѣ оставшійся лучъ будетъ поляризованъ строго по одному направленію.



Рис. 74.

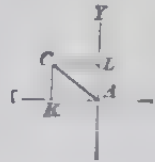


Рис. 75.

\* Никелева призма делается изъ кристалла исландскаго шпата, раздѣланнаго извѣстнымъ образомъ на двѣ части, которыя потомъ склеиваются канадскимъ бальзамомъ, такія двѣ одинаковыя призмы  $N_1$  и  $N_2$  изображены въ раздѣлѣ на рисункѣ 76. Положимъ, что призмы помѣнены одна влнше другой, и что снизу падаетъ лучъ свѣта  $SS$  на призму  $N_1$ . Изъ двухъ составныхъ лучей, на которые можетъ быть разложенъ лучъ свѣта  $SS$ , только одинъ проникаетъ во вторую половинку призмы, а изъ нея въ воздухъ; другой же лучъ отражается въ сторону на границѣ между обѣими половинками. \* Слѣдовательно, никелева призма представляетъ такую среду, которая пропускаетъ свѣтъ, происходящій вследствие колебаній частицъ эѳира только по одному определенному направленію. Поэтому, если лучъ свѣта, который прошелъ уже черезъ одну никелеву призму  $N_1$  и который, вследствие этого,



Рис. 76.

поляризованъ по одному определенному направленію, падаетъ на вторую никелеву призму  $N_2$ , то, въ зависимости отъ относительнаго расположенія обѣихъ призмъ, свѣтъ, поляризованный при помощи первой изъ нихъ, или весь пройдетъ черезъ вторую призму, или совсѣмъ не пройдетъ, или, наконецъ, черезъ нее пройдетъ только нѣкоторая часть этого свѣта. Положимъ, что обѣ призмы  $N_1$  и  $N_2$  расположены совершенно одинаково, т. е. такъ, что ихъ одинаковыя части находятся съ одной и той же стороны, какъ это изображено на рисункѣ 76. Въ такомъ случаѣ поляризованный лучъ свѣта  $E$ , вышедшій изъ призмы  $N_1$ , всецѣло проходитъ также и черезъ вторую призму  $N_2$ , такъ какъ въ этомъ случаѣ черезъ эту послѣднюю можетъ пройти свѣтъ, происходящій вследствие колебаній частицъ эѳира въ плоскости, совпадающей съ плоскостью колебаній поляризованнаго луча  $E$ , уже прошедшаго черезъ первую призму  $N_1$ . Если же мы будемъ поворачивать призму  $N_2$  около вертикальной линии, какъ около оси, то лучъ  $E$  раздѣлится на два, изъ которыхъ только одинъ проходитъ черезъ эту призму, постепенно притомъ ослабѣвая по мѣрѣ увеличенія угла поворота призмы. Наконецъ, если мы повернемъ призму  $N_2$  около вертикальной линии на  $90^\circ$ , иначе говоря, если мы расположимъ ее относительно первой призмы такъ, чтобы плоскости колебаній лучей, которые могутъ проходить какъ черезъ ту, такъ и черезъ другую призму, были взаимно перпендикулярны, то лучъ  $E$ , прошедшій черезъ призму  $N_1$ , вовсе не будетъ продушенъ второй призмой  $N_2$ , и хотя обѣ призмы прозрачны въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова, тѣмъ не менѣе, при такомъ взаимномъ расположеніи ихъ, черезъ нихъ ничего не видно, какъ будто бы онѣ были совершенно непрозрачны.

Такимъ образомъ никелева призма представляетъ превосходное средство для расплыванія, поляризованія ли данной свѣтовой лучъ или нѣтъ. Для этого лучъ свѣта, до его вступленія въ глазъ, пропускаютъ черезъ такую призму и затѣмъ поворачиваютъ ее подобно тому, какъ это описано выше. Если при извѣстномъ положеніи призмы свѣтъ совершенно исчезаетъ, то данный лучъ вполнѣ поляризованъ по направленію, соответствующему этому положенію призмы. Но свѣтъ называютъ поляризованнымъ также и тогда, когда, при поворотахъ призмы, онъ не исчезаетъ совершенно, а лишь ослабѣваетъ. Въ этомъ случаѣ съ даннымъ лучъ свѣта колебанія не происходятъ исключительно по одному направленію, какъ при полной поляризации, но онъ состоитъ изъ двухъ составныхъ лучей, въ которыхъ колебанія происходятъ по двумъ взаимно-перпендикулярнымъ направленіямъ, и въ одномъ изъ этихъ лучей амплитуда колебаній значительно меньше, чѣмъ въ другомъ. Въ этомъ случаѣ источникъ свѣта, разсматриваемый черезъ никелеву призму, при вращеніи этой послѣдней, не исчезаетъ совершенно, но при нѣкоторомъ положеніи призмы онъ

имѣть наибольшую яркость, а при некоторомъ другомъ, которое получается изъ перваго черезъ поворачиваніе призмы на 90°, наименьшую.

Намъ часто придется изслѣдовать свѣтовые лучи въ отношеніи ихъ поляризаціи и на этомъ основывать весьма важныя заключенія. Поэтому мы считаемъ необходимымъ прибавить, что весьма часто въ свѣтовомъ лучѣ, послѣ его отраженія отъ какого-нибудь тѣла, будь-ли это тѣло твердое, жидкое или газообразное, замѣчаются ясныя слѣды поляризаціи, и что эта поляризація дѣлается даже полной въ томъ случаѣ, когда уголъ отраженія достигаетъ некоторой определенной величины, въ зависимости отъ природы того тѣла, отъ котораго свѣтъ отражается. При этомъ происходитъ нѣчто подобное тому, что мы наблюдаемъ при прохожденіи свѣтового луча черезъ кристаллъ исландскаго шпата. Именно, одинъ изъ составныхъ лучей отражается даннымъ тѣломъ сильнѣе, чѣмъ другой, а при некоторомъ определенномъ углѣ паденія и вообще отражается только одинъ изъ нихъ; въ этомъ случаѣ отраженный свѣтъ поляризованъ вполне.

Небесный сводъ представляется намъ свѣтаымъ, какъ извѣстно, вследствие того, что воздухъ отражаетъ некоторую часть проходящаго черезъ него солнечнаго свѣта (Часть I. § 109). Поэтому свѣтъ, идущій къ намъ отъ небснаго свода и особенно отъ тѣхъ его частей, гдѣ уголъ отраженія достигаетъ соответственной величины, въ сильной степени поляризованъ, въ чемъ мы можемъ легко убѣдиться, если, направивъ николеву призму на голубое небо, будемъ постепенно вращать ее. Поляризація свѣта, идущаго къ намъ отъ небснаго свода, узнается по весьма замѣтному измѣненію яркости этого свѣта при поворачиваніи призмы.

**§ 7. Дополнительные цвѣта.** Извѣстно, что всякій лучъ бѣлаго свѣта состоитъ изъ нѣсколькихъ разноцвѣтныхъ лучей и потому можетъ быть разложенъ на такъ называемые цвѣта радуги; эти цвѣта переходить одинъ въ другой постепенно, проходя черезъ различныя оттѣнки.

Обыкновенно въ радугѣ различаютъ семь главныхъ цвѣтовъ, хотя было бы болѣе целесообразно остановиться на числѣ 6. Эти цвѣта идутъ одинъ за другимъ въ слѣдующемъ порядкѣ: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фіолетовый. Два послѣднихъ цвѣта собственно слѣдовало бы соединить подъ общимъ и званіемъ фіолетовато, такъ какъ они оба представляютъ лишь различныя оттѣнки одного и того-же цвѣта. Разложеніе луча бѣлаго свѣта на семь цвѣтовъ радуги принадлежитъ Ньютону, который принялъ это число, повидимому, желая провести аналогию между семью цвѣтами радуги и семью тонами звуковой октавы; кромѣ того, выборъ этого числа носилъ, кажется, и мистическій характеръ, такъ какъ число семь въ тѣ времена считалось священнымъ.

Раздѣливъ окружность круга на 6 равныхъ частей и положимъ, что первая изъ нихъ соответствуетъ красному цвѣту, вторая, къ ней прилегающая, — оранжевому, третья — желтому, четвертая — зеленому, пятая — голубому и, наконецъ, шестая — фіолетовому. Тѣ цвѣта, которымъ на нашей окружности будутъ соответствовать двѣ прямо противоположныя дуги, называются дополнительными, такъ какъ они, при смѣшеніи, даютъ бѣлый цвѣтъ. Такимъ образомъ, дополнительные цвѣта суть:

зеленый и красный,  
фіолетовый и желтый,  
оранжевый и голубой.

Сочетаніе дополнительныхъ цвѣтовъ попарно производитъ на глазъ болѣе пріятное впечатлѣніе, чѣмъ, напр., сочетаніе зеленого цвѣта съ желтымъ, совершенно подобно тому, какъ сочетаніе тоновъ съ простыми интервалами отличается большею музыкальностью, чѣмъ сочетаніе тоновъ съ сложными интервалами. Здѣсь мы не можемъ подробнѣе оста-

навиваться на свойствах дополнительных цветовъ, и потому мы ограничимся только однимъ интереснымъ замѣчаніемъ.

Если мы какую-нибудь слабо освѣщенную бѣлую поверхность приблизимъ къ сильному источнику цвѣтного свѣта, то такая поверхность представляется намъ окрашенной въ цвѣтъ, дополнительный цвѣту этого источника. Такъ, напр., если къ слабо освѣщенной бѣлой бумагѣ приближать сильный красный свѣтъ, то бумага будетъ казаться намъ не красной, а зеленой; если бы мы ее освѣтили желтымъ свѣтомъ, то она получила бы фіолетовую окраску; наконецъ, при освѣщеніи бумаги голубымъ свѣтомъ, она казалась бы намъ оранжевой. По этой же причинѣ бѣлая стѣна представляется намъ покрытой фіолетовыми пятнами, если мы нездало передъ этимъ смотрѣли на солнце.

§ 8. **Спектръ.** Подобно тому какъ дополнительные цвѣта при соединеніи попарно образуютъ бѣлый свѣтовой лучъ, совершенно также и всѣ цвѣта радуги, смѣшанные между собою въ томъ-же самомъ отношеніи, въ какомъ они входятъ въ составъ солнечнаго свѣта, даютъ бѣлый свѣтъ. Если же бѣлый свѣтовой лучъ падаетъ на стеклянную призму (рис. 77), то всѣ цвѣтные лучи, входящіе въ его составъ, преломляются съ, т. е. отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, но при этомъ различные лучи преломляются неодинаковымъ образомъ: величина отклоненія, при одной и той-же призмѣ, зависитъ отъ цвѣта луча, такъ что красный лучъ всегда испытываетъ наименьшее отклоненіе, оранжевый отклоняется нѣсколько сильнѣе и т. д., и, наконецъ, самое сильное отклоненіе имѣетъ мѣсто для фіолетоваго луча. Поэтому, цвѣтные лучи, по выходѣ изъ призмы, болѣе не покрываютъ другъ друга, но, при проектированіи ихъ на бѣлый экранъ, даютъ цвѣтное изображеніе, въ которомъ простые цвѣта, входящіе въ составъ изслѣдуемаго бѣлаго луча, слѣдуютъ одинъ за другимъ въ томъ-же самомъ порядкѣ, какъ и въ

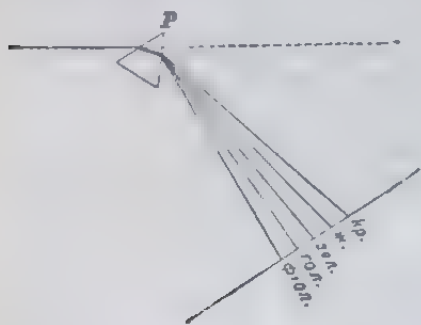


Рис. 77.

рядомъ что-то цвѣтное изображеніе и называется спектромъ изслѣдуемаго свѣтового луча. Легко можно показать, что цвѣта спектра простые и однородные, иначе говоря,—что, напр., зеленый цвѣтъ не состоитъ изъ смѣси другихъ цвѣтовъ. Для этого стоитъ только заставить зеленый лучъ снова пройти черезъ призму: по выходѣ изъ нея, онъ болѣе не разлагается, но остается зеленымъ, какъ и до вступленія въ призму. Точно также нетрудно доказать, что спектральные цвѣта не произошли въ призмѣ, но что бѣлый лучъ свѣта, действительно, образуется изъ соединенія цвѣтныхъ, и что призма только отделила эти составные лучи одинъ отъ другого. Для этого заставимъ цвѣтные лучи пройти черезъ собирательное чечевицеобразное стекло, по выходѣ изъ этого послѣдняго они снова соединяются и образуютъ прежній бѣлый лучъ.

Посмотримъ теперь, что было бы въ томъ случаѣ, если бы бѣлый солнечный свѣтъ былъ простымъ, т. е. если бы онъ не состоялъ изъ цвѣтныхъ лучей. Известно, что всякое цвѣтное тѣло, напр., тѣло краснаго цвѣта кажется намъ краснымъ не потому, что оно само испускаетъ красный свѣтъ (иначе оно и въ темнотѣ также свѣтилось бы краснымъ свѣтомъ), но потому, что изъ падающихъ на него цвѣтныхъ лучей только одни красные отражаются отъ него, а остальные поглощаются имъ. Поэтому понятно, что въ томъ случаѣ, если бы солнечный свѣтъ не состоялъ изъ цвѣтныхъ лучей, всѣ тѣла, которыя теперь имѣютъ весьма разнообразную окраску, были бы белцвѣтными, вся природа имѣла бы весьма печальный видъ, и для насъ было бы совершенно потеряно то высокое наслажденіе, которое мы испытываемъ теперь, любясь замѣчательной игрой цвѣтовъ окружающихъ насъ предметовъ.

Разсмотримъ нѣсколько внимательнѣе спектръ солнечнаго свѣта, получаемый выше описаннымъ способомъ. Онъ представляется намъ въ видѣ продолговатой полосы, вдоль которой расположены, отъ одного конца ея до другого, указанные цвѣта радуги; но при переходѣ отъ одного цвѣта къ другому мы вовсе не замѣчаемъ рѣзкой границы, изобразить, они переходятъ одинъ въ другой постепенно, такъ что въ спектрѣ можно прослѣдить всевозможные оттѣнки. На этомъ основаннн мы можемъ сказать, что солнечный свѣтъ состоитъ собственно изъ бесконечно большаго числа простыхъ лучей, мы же разсматриваемъ только семь цвѣтовъ радуги исключительно ради удобства. Поэтому довольно затруднительно указать границы между двумя соседними цвѣтами. Если длину всего спектра принять за единицу, то промѣшенія различныхъ цвѣтовъ выразятся приблизительно слѣдующими числами:

краснаго . . . . .	0,12	голубого . . . . .	0,17
оранжеваго. . . . .	0,07	синяго . . . . .	0,11
желтаго . . . . .	0,13	фіолетоваго . . . . .	0,23
зеленаго . . . . .	0,17		

Чтобы получить чистый спектръ, т. е. такой, въ которомъ на каждомъ опредѣленномъ мѣстѣ находится только одинъ цвѣтъ, необходимо пользоваться такъ называемымъ спектроскопомъ (Часть IV). \* Схема простаго спектроскопа представлена на рис. 78. Лучи, исходящіе изъ источника свѣта  $L$ , проходя черезъ узкую прямолинейную щель  $s$ , параллельную ребру призмы  $p$ , и черезъ линзу  $l$ , падаютъ на призму, оставаясь параллельными другъ другу; проходя же черезъ призму, они отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, разлагаются на цвѣтные лучи и образуютъ спектръ, который раз-



Рис. 78.

сматривается при помощи зрительной трубы  $F$ . \* Разсматривая солнечный спектръ при помощи спектроскопа, мы замѣчаемъ, что онъ перерѣзанъ большимъ числомъ черныхъ прямыхъ линий. Двѣ изъ этихъ линий, наиболѣ бросающіяся въ глаза, были замѣчены еще Воластономъ въ 1802 году, но онъ не обратилъ надлежащаго вниманія на свое открытіе. Только 13 лѣтъ спустя Фраунгоферъ, ничего не зная объ открытіи Воластона, доказалъ, пользуясь лучшими наблюдательными средствами, что солнечный спектръ по всей своей длинѣ покрытъ множествомъ темныхъ линий, различныхъ по толщинѣ и темнотѣ; эти линии, которыхъ Фраунгоферъ насчиталъ до 600, по его имени называются фраунгоферовыми линиями. Для большаго удобства, тѣ изъ этихъ линий, которыя наиболѣ бросаются въ глаза, онъ обозначилъ буквами  $A, B, C \dots H$ ; линия  $A$  лежитъ въ красномъ цвѣтѣ, линия  $H$  въ фіолетовомъ, остальные находятся между ними въ различныхъ цвѣтахъ. Къ этимъ-то именно мѣстамъ спектра и относятся вышеприведенныя числовыя значенія длины свѣтовыхъ волнъ (§ 5). На приложенной здѣсь цвѣтной таблицѣ рисунокъ 1 представляетъ солнечный спектръ съ главнѣйшими фраунгоферовыми линиями. Числа наверху рисунка выражаютъ длину волнъ.

Въ настоящее время фраунгоферовыхъ линий въ солнечномъ спектрѣ насчитывается нѣсколько тысячъ, и слѣдуетъ ожидать, что съ усовершенствованіемъ наблюдательныхъ средствъ число ихъ еще болѣе увеличится, подобно тому, какъ съ улучшеніемъ нашихъ телескоповъ увеличивается число звѣздъ, видимыхъ на небѣ.

Всякую фраунгоферову линию мы всегда усматриваемъ въ одномъ и томъ же мѣстѣ спектра, т. е. не только въ одномъ и томъ же цвѣтѣ, но также и на одномъ и томъ же разстояніи отъ соседнихъ линий, и такъ какъ въ спектрѣ искусственнаго бѣлаго свѣта, напр., въ спектрѣ пламени масляной лампы, мы вовсе не замѣчаемъ подобныхъ темныхъ

линій, то Фраунгоферы линіи зависятъ, очевидно, отъ природы солнечнаго свѣта. Именно, на основаніи каждой такой черной линіи мы можемъ дѣлать заключеніе объ отсутствіи опредѣленнаго цвѣтнаго луча въ солнечномъ свѣтѣ; въ самомъ дѣлѣ, если бы въ составъ солнечнаго свѣта совсѣмъ не входилъ, напр., оранжевый лучъ, то въ солнечнотъ спектрѣ нашему глазу представилось бы темное пространство, ширина котораго равнялась бы ширинѣ, занимаемой, въ дѣйствительности, оранжевымъ цвѣтомъ. Если же въ солнечномъ свѣтѣ недостаетъ только одного, вполне опредѣленнаго оттѣнка оранжеваго цвѣта, то вышеупомянутое темное пространство дѣлается значительно уже и представляется нашему глазу въ видѣ рѣзкой поперечной черной линіи, т. е. въ видѣ фраунгоферовой линіи.

Если мы приедемъ, который Фраунгоферъ применилъ къ разложенію солнечнаго свѣта, воспользуемся для изслѣдованія свѣта, испускаемаго различными раскаленными тѣлами на землѣ, то мы также будемъ получать вполне опредѣленные спектры, хотя и не похожіе на спектръ солнца. Всякое до-бѣла раскаленное твердое \*) или капельножидкое \*\*) тѣло даетъ непрерывный спектръ, состоящій изъ всѣхъ цвѣтовъ радуги, отъ краснаго до фіолетоваго, безъ всякаго перерыва, т. е. безъ всякихъ поперечныхъ темныхъ линій. Совершенно другія явленія наблюдаются въ томъ случаѣ, когда мы имѣемъ дѣло съ тѣломъ, раскаленнымъ до парообразнаго состоянія. Съ давнихъ поръ вѣдомо, что нѣкоторыя соли, доведенныя до парообразнаго состоянія въ сильномъ пламени, придаютъ этому послѣднему характерную окраску; этимъ явленіемъ пользуются при устройствѣ фейерверковъ, чтобы получать разноцвѣтные огни. Изслѣдованіе свѣта такого окрашеннаго пламени показываетъ, что оно испускаетъ вполне опредѣленные лучи, характерные для того вещества, при помощи котораго пламя было окрашено. Напр., обыкновенная поваренная соль, представляющая соединеніе натрія, при накаливаніи въ пламени спиртовой лампы даетъ спектръ, который состоитъ только изъ свѣтлой желтой двойной линіи, остальныхъ же цвѣтовъ въ этомъ спектрѣ вовсе нѣтъ. Спектръ натрія изображенъ на рисункѣ 5 нашей цвѣтной таблицы. Соединенія известки даютъ спектръ, состоящій изъ нѣсколькихъ свѣтлыхъ линій оранжеваго, зеленаго и краснаго цвѣта. Въ спектрѣ мѣди наблюдается большое число свѣтлыхъ линій по всему спектру, отъ краснаго конца его до фіолетоваго. О спектрахъ калия, магнія и литія читатель можетъ составить себѣ понятіе по рисункамъ 6, 7 и 8 цвѣтной таблицы.

При этомъ совершенно все равно, какое соединеніе даннаго вещества содержится въ пламени, лишь бы температура этого послѣдняго была достаточна высока для того, чтобы соединеніе могло быть разложено на составныя части. Точно также спектръ не зависяетъ, вообще, отъ природы пламени, такъ что мы для нашей цѣли можемъ воспользоваться электрической искрой. Замѣтимъ только, что при болѣе высокой температурѣ пламени и при болѣе высокомъ давленіи отчетливѣе выступаютъ въ спектрѣ нѣкоторыя свѣтлыя линіи, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, дѣлаются видимыми новыя линіи, которыхъ прежде нельзя было замѣтить.

Такъ какъ всякое вещество даетъ свой вполне характерный спектръ, то отсюда вполне ясно, что, изучая эти спектры, можно доказать присутствіе того или другаго вещества въ изслѣдуемомъ пламени. Если въ пламени содержится не одно соединеніе, напр., не одинъ только хлористый натрій, но смѣсь нѣсколькихъ веществъ, то въ спектрѣ появляются одновременно всѣ свѣтлыя линіи, характерныя для каждого изъ этихъ веществъ. По мѣсту, занимаемому этими линіями въ спектрѣ, по ихъ цвѣту и взаимному расположенію мы всегда легко можемъ узнать, какому веществу принадлежитъ каждая изъ этихъ линій.

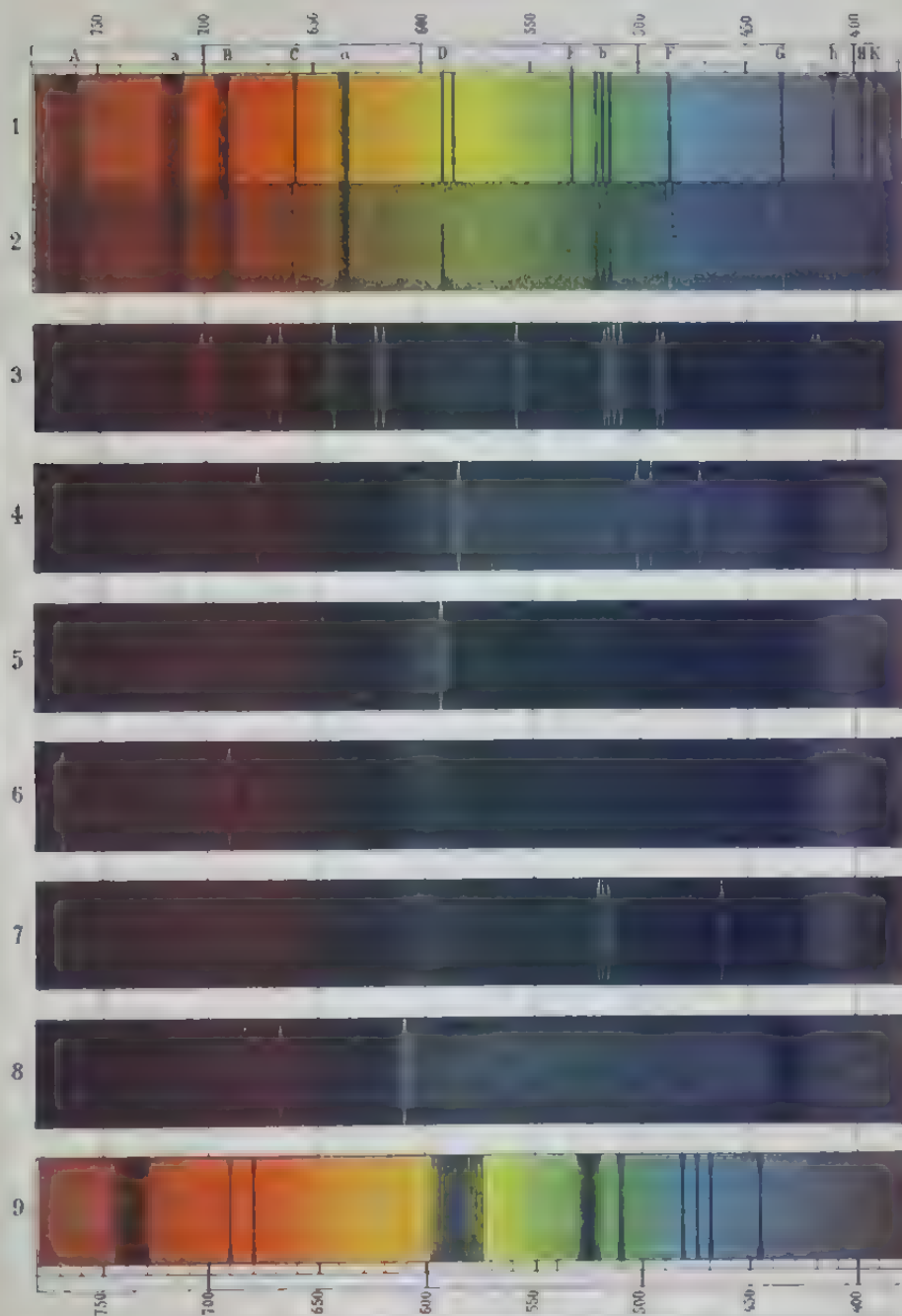
Этотъ способъ изслѣдованія, называемый спектральнымъ анализомъ, отличается не только быстротой и удобствомъ его выполненія, но также и необыкновенною чувствительностью. Въ самомъ дѣлѣ, съ одной стороны, одного взгляда на спектръ достаточно,

\*) Напр., известь

\*\*) Напр., расплавленная платина.

# Спектры лучепускания и поглощения

( шкала по длине световых волн )





## Об'ясненіє къ таблицѣ.

### Спектры лучеиспусканія и поглощенія.

- 1) Спектръ солнечный (фотосфера).
- 2) Спектръ солнечнаго края (хромосферическій)
- 3) Спектръ аргона (слѣва по порядку 1 и 2) характерныя линии спектра неона, 7 и 14 спектра ксенона и 8 — самая яркая линия спектра гелия.
- 4) Спектръ гелія.
- 5) Спектръ натрія.
- 6) Спектръ кадія (наиболѣе яркая 1-я слѣва).
- 7) Спектръ магнія
- 8) Спектръ литія
- 9) Спектръ поминощенія хлористаго дилімія

чтобы сдѣлать такія заключенія, для которыхъ нѣмце потребовался бы весьма подробный химическій анализъ. Съ другой стороны, этимъ путемъ мы можемъ доказать присутствіе въ пламени такого незначительнаго количества того или другого вещества, которое вовсе не могло бы быть открыто при помощи химическаго анализа. Такъ, напр., <sup>1</sup> 10 000 000 доль граммъ хлористаго натрія даетъ въ спектрі уже весьма замѣтную желтую двойную линію. Поэтому вовсе неудивительно, что въ короткій промежутокъ времени съ тѣхъ поръ, какъ спектральный анализъ вошелъ во всеобщее употребленіе, не только было доказано присутствіе уже извѣстныхъ намъ веществъ тамъ, гдѣ прежде ихъ даже не подозревали, напр., присутствіе литія въ табачномъ пеплѣ, но этимъ же путемъ были открыты цѣлый рядъ новыхъ металловъ, каковыя цезій, рубидій, талій, индій, галлій и т. д.

Всѣ вышеописанныя явленія были извѣстны гораздо раньше, чѣмъ обыкновенно думаютъ; еще Д. Гершель въ 1822 году въ *Edinburg Philosophical Transactions* изложилъ главныя основанія спектральнаго анализа и показалъ важность его примѣненія къ химіи. Кромѣ того, объ этомъ же предметѣ писали : Фраунгоферъ, Тальботъ, Брюстеръ, Сванъ, Ангстремъ и другіе. Но удивительно, что на мысли, высказанныя этими учеными, совершенно не обращали вниманія до тѣхъ поръ, пока въ 1859 г. Кирхгофъ и Бунзенъ не доказали снова всей важности спектральнаго анализа, освѣтивъ вопросъ съ новой стороны, представляющей величайшій интересъ не только для физиковъ и химиковъ, но также и для астрономовъ. Именно, они предпріяли весьма обстоятельное сравненіе солнечнаго спектра со спектрами различныхъ веществъ, распространенныхъ у насъ на землѣ, и при этомъ пришли къ заключенію, что большее число темныхъ фраунгоферовыхъ линій занимаетъ въ солнечномъ спектрі то же самое положеніе какъ и свѣтлыя линіи въ спектрахъ извѣстныхъ намъ веществъ. Такъ, они нашли, что двойная линія въ желтомъ свѣтѣ, обозначенная Фраунгоферомъ буквою *D*, въ точности соответствуетъ желтой двойной линіи натрія. Чтобы вывѣрить причину этого замѣчательнаго явленія, мы должны сначала познакомить читателей съ описаннымъ ниже опытомъ.

Если мы кусокъ извести доведемъ до высокой степени бѣлаго каленія въ пламени такъ называемаго тремучаго газа и затѣмъ будемъ изслѣдовать при помощи спектроскопа ослѣдствіи свѣтъ, испускаемый известью, неспособной, какъ извѣстно, улетучиваться, то нашимъ глазамъ представится непрерывный свѣтъ, какъ этого и слѣдуетъ ожидать на основаніи вышесказаннаго. Помѣстимъ, далѣе, между спектроскопомъ и известью пламя спиртовой лампочки, содержащее пары натрія и талія, и сначала затекаемъ, при помощи экрана, лучи бѣлаго свѣта, испускаемые кускомъ извести (рис. 79). Въ такомъ случаѣ мы получимъ спектръ, состоящій изъ свѣтлой двойной желтой линіи, принадлежащей натрію, и изъ свѣтлой же зеленой линіи, характеризующей талій. Этотъ спектръ изображенъ на рис. 79 наверху. Если мы, затѣмъ, отнимемъ экранъ то намъ тотчасъ же представится непрерывный спектръ, прерванный темными линіями въ точности на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ только что передъ этимъ мы видѣли свѣтлыя линіи. Этотъ

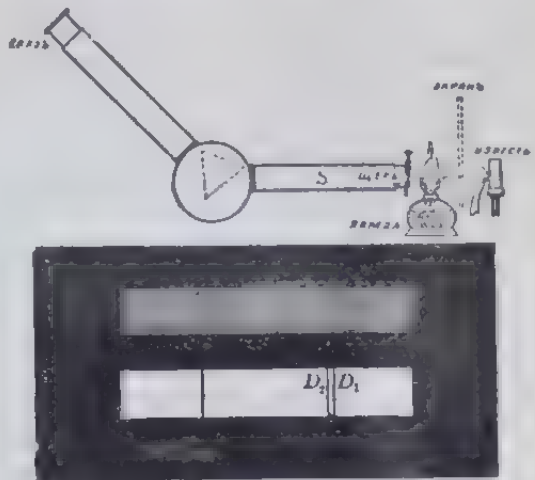


Рис. 79

Если мы кусокъ извести доведемъ до высокой степени бѣлаго каленія въ пламени такъ называемаго тремучаго газа и затѣмъ будемъ изслѣдовать при помощи спектроскопа ослѣдствіи свѣтъ, испускаемый известью, неспособной, какъ извѣстно, улетучиваться, то нашимъ глазамъ представится непрерывный свѣтъ, какъ этого и слѣдуетъ ожидать на основаніи вышесказаннаго. Помѣстимъ, далѣе, между спектроскопомъ и известью пламя спиртовой лампочки, содержащее пары натрія и талія, и сначала затекаемъ, при помощи экрана, лучи бѣлаго свѣта, испускаемые кускомъ извести (рис. 79). Въ такомъ случаѣ мы получимъ спектръ, состоящій изъ свѣтлой двойной желтой линіи, принадлежащей натрію, и изъ свѣтлой же зеленой линіи, характеризующей талій. Этотъ спектръ изображенъ на рис. 79 наверху. Если мы, затѣмъ, отнимемъ экранъ то намъ тотчасъ же представится непрерывный спектръ, прерванный темными линіями въ точности на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ только что передъ этимъ мы видѣли свѣтлыя линіи. Этотъ

второй спектръ изображенъ на рис. 79 внизу. Вѣдая опять крайнѣ мы снова увидимъ спектръ, состоящій изъ вышеупомянутыхъ свѣтлыхъ линій. Описанный дѣль опять извѣстенъ подъ названіемъ обращенія спектра. Тоже самое наблюдается также въ тѣхъ случаяхъ, когда въ пламени спиртовой лампы содержится пары другихъ веществъ. Если достаточно сильный бѣлый свѣтъ проходить черезъ такое пламя, то на свѣломъ фонѣ спектра появляются темныя линіи на тѣхъ мѣстахъ, на которыхъ въ спектрахъ этихъ веществъ должны находиться свѣтлыя линіи. Очевидно, что пламя спиртовой лампы, содержащее пары извѣстнаго вещества, пропускаетъ безпрятственно всѣ цвѣтные лучи за исключеніемъ лучей того цвѣта, въ который оно само окрашено вѣдствіемъ присутія въ немъ того или другого вещества; при этомъ, оно, какъ говорятъ, поглощаетъ эти лучи въ большей степени, чѣмъ само можетъ испускать ихъ согласно съ напряженностью своего собственнаго свѣга, такъ какъ иначе соответственные мѣста спектра не могли бы казаться намъ темнѣе окружающаго ихъ пространства.

\* Спектры, перерываемыя темными линіями, называются спектрами поглощенія въ отлічіе отъ спектровъ лучеиспусканія, къ числу которыхъ принадлежатъ какъ непрерывныя спектры, такъ и спектры, состоящія изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій. На рисунокъ 9 нашей цѣльной таблицы изображенъ спектръ поглощенія хлористаго дидімія. \*

Ослабительный бѣлый свѣтъ, испускаемый въ вышеописанномъ опытѣ раскаленнымъ цилиндромъ, приготовленнымъ изъ извести, можно замѣнить также солнечнымъ свѣтомъ. Въ такомъ случаѣ, если мы для нашего опыта воспользуемся веществомъ, спектръ котораго состоитъ изъ свѣтлыхъ линій, не соответствующихъ ни одной изъ фраунгоферовыхъ линій солнечнаго спектра, то въ этомъ послѣднемъ на соответственныхъ мѣстахъ появится темныя линіи, совершенно подобныя фраунгоферовымъ. Если же спектральныя линіи извѣстнаго для опыта вещества, соответствующи въ солнечномъ спектрѣ извѣстнымъ фраунгоферовымъ линіямъ, то эти послѣднія, при прохожденіи солнечнаго свѣта черезъ пламя, содержащее пары извѣстнаго вещества, дѣлаются болѣе рѣзкими и болѣе темными.

Такъ какъ мы можемъ по желанію вызывать въ солнечномъ спектрѣ темныя линіи, подобныя фраунгоферовымъ, то, очевидно, объясненіе происхожденія этихъ послѣднихъ не представляется болѣе никакихъ затрудненій. Для этого мы должны принять согласное также и съ другими наблюдениями предположеніе, что раскаленное до бѣла шарообразное или капельножидкое солнечное ядро окружено атмосферой, въ которой содержится, вѣдствіемъ высокой температуры солнца въ видѣ паровъ, различныя вещества, встречающіяся у насъ на землѣ только въ твердомъ или капельножидкомъ состояніи. Ядро солнца само по себѣ даетъ непрерывный спектръ, а пары, содержащіяся въ солнечной атмосферѣ, поглощаютъ извѣстныя цвѣтныя отлічки совершенно подобно тому, какъ пары натрія, содержащіяся въ пламени спиртовой лампочки, поглощаютъ желтые лучи, испускаемые раскаленнымъ кускомъ извести. Такимъ образомъ и объясняется происхожденіе фраунгоферовыхъ линій. Съ этой точки зрѣнія фраунгоферовы линіи даютъ намъ въ руки средство опредѣлять, какия вещества въ газообразномъ состояніи содержатся въ солнечной атмосферѣ.

Мы вовсе не должны удивляться огромному числу фраунгоферовыхъ линій, такъ какъ, съ одной стороны, въ составъ солнечной атмосферы входитъ, безъ сомнѣнія, весьма много элементовъ, отчасти, можетъ быть, даже неизвѣстныхъ у насъ на землѣ, а съ другой, очень немногія вещества характеризуются такимъ простымъ спектромъ, какъ спектръ натрія. Такъ, напр., спектръ титана состоитъ болѣе чѣмъ изъ 200 свѣтлыхъ линій; въ спектрѣ желѣза такихъ линій насчитываютъ даже до 500. По изслѣдованіямъ Ангстрема и Галена въ спектрѣ солнца 118 фраунгоферовыхъ линій соответствуютъ линіямъ титана и 450 линіямъ желѣза. \* На рисунокѣ 80, на которомъ воспроецированъ негативъ, снятый проф. Гроубриджемъ въ Кембриджѣ, внизу изображенъ фіолетовый конецъ солнечнаго спектра, а наверху — спектръ паровъ желѣза. Въ виду того, что мы

имѣемъ дѣло съ негативомъ, свѣтлыя линіи, изъ которыхъ въ дѣйствительности состоитъ спектръ паровъ желѣза, на рисункѣ представлены черными линіями, и, наоборотъ, фраунгоферовы линіи солнечнаго спектра свѣтлыми. Разматривая рисунокъ 80, читатель самъ можетъ видѣть, съ какой огромной увѣренностью мы можемъ, на основаніи такой фотографіи, дѣлать заключенія о присутствіи паровъ желѣза въ солнечной атмосферѣ. \* Вообще, до сихъ поръ приблизительно для 1000 фраунгоферовыхъ линій найдены соответствующія спектральныя линіи различныхъ элементовъ, встрѣчающихся на землѣ. Къ такимъ элементамъ принадлежатъ натрій, литій, желѣзо, водородъ, кальцій, барій, магній, никель, кобальтъ, марганецъ, хромъ и т. д. На основаніи предыдущаго мы заключаемъ, что всѣ перечисленныя тѣла находятся въ солнечной атмосферѣ въ газообразномъ состояніи. Напротивъ того, въ солнечной атмосферѣ, повидимому, совсемъ нѣтъ золота, серебра, цинка и т. п., такъ какъ спектральныя линіи этихъ тѣлъ не имѣютъ соответствующихъ фраунгоферовыхъ линій въ солнечномъ спектрѣ. Съ другой стороны, для некоторыхъ наиболее рѣзкихъ фраунгоферовыхъ линій, каковы напр. линіи *A* и *B*, до сихъ поръ не удалось найти соответственныхъ свѣтлыхъ линій въ спектрахъ веществъ, съ которыми намъ приходится имѣть дѣло на землѣ. Поэтому, эти линіи принадлежатъ, вѣроятно, такимъ веществамъ, которыхъ на землѣ совсемъ нѣтъ.

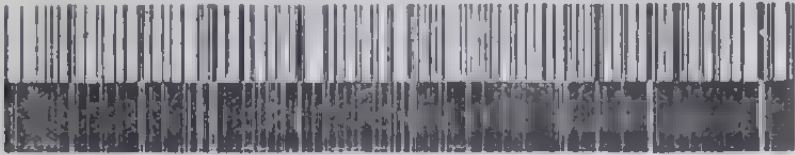


Рис. 80.

Прия такимъ образомъ къ весьма важнымъ заключеніямъ относительно физическаго строенія и химическаго состава солнца, астрономы мало-по-малу стали примѣнять спектральный анализъ также и къ изслѣдованію другихъ небесныхъ тѣлъ. Имѣющее огромное значеніе результаты, добытыя такимъ путемъ, будутъ изложены впоследствии, въ своемъ мѣстѣ. Но уже и изъ того, что изложено выше, вполнѣ ясно, что благодаря спектральному анализу передъ нами открылась новая обширная и раньше совершенно неизвѣстная область для изслѣдованія. Кто, при видѣ радуги, могъ бы подумать, что, благодаря этому красному сочетанію цвѣтовъ, явится возможность рѣшить многе въ высшей степени важныя вопросы! Благодаря спектральному анализу мы теперь не только открываемъ присутствіе весьма незначительныхъ количествъ того или другаго вещества въ различныхъ тѣлахъ у насъ на землѣ, но также определяемъ и химическій составъ небесныхъ тѣлъ, находящихся отъ насъ на безконечно огромныхъ разстояніяхъ: словомъ, съ тѣхъ поръ, какъ младшая сестра астрономіи, физика, нашла ключъ къ познанію тайнъ природы и передала его Ураніи, для насъ открылось то, что прежде представлялось недостижимымъ и недоступнымъ для изслѣдованія.

§ 9. **Невидимыя части спектра.** Но наука не ограничивается изслѣдованіемъ только того, что мы видимъ: она выработала способы, при помощи которыхъ мы можемъ изучать также и невидимое, и, такимъ образомъ, невидимое она сдѣлала доступнымъ для нашихъ чувствъ.

Если частицы воздуха совершаютъ въ теченіе секунды болѣе 770 билліоновъ колебаній, то эти послѣднія уже не производятъ на нашъ глазъ впечатлѣнія свѣта, совершенно подобно тому, какъ наше ухо не можетъ воспринимать въ видѣ звука такія колебанія воздуха, число которыхъ въ теченіе секунды превосходитъ 48 000. Однако, легко можно доказать, что солнце, дѣйствительно, неуспѣваетъ также и такія лучи, въ которыхъ колебанія совершаются быстѣе, чѣмъ въ фиолетовыхъ, и которые, поэтому, въ сол-

ичномъ спектрѣ должны сѣдывать за фиолетовыми лучами. Въ этомъ мы можемъ убѣдиться при помощи сѣдующаго опыта.

Извѣстно, что свѣтъ обладаетъ способностью вызывать въ нѣкоторыхъ химическихъ соединеніяхъ извѣстные химическіе процессы; на этомъ основано искусство фотографирования. Если мы выставимъ на свѣтъ такое свѣточувствительное вещество, напр., бумагу, покрытую хлористымъ серебромъ, то это послѣднее разлагается, и на бумагѣ получается въ видѣ весьма тонкаго слоя черной осадокъ. Если мы подвергнемъ такую бумагу дѣйствию солнечнаго свѣта послѣ его разложенія на составные лучи, то на ней изобразится спектръ со всеми фраунгоферовыми линиями, однако, выдѣленіе чернаго осадка въ томъ мѣстѣ бумаги, на которое дѣйствуютъ красные лучи, происходитъ весьма медленно, подѣ дѣйствіемъ желтыхъ лучей этотъ осадокъ выдѣляется нѣсколько быстрее и т. д., и, наконецъ, быстрее и сильнее всего происходитъ выдѣленіе осадка въ томъ мѣстѣ бумаги, которое лежитъ за предѣломъ дѣйствія фиолетовыхъ лучей, и на хлористо-серебряной бумагѣ мы легко можемъ прослѣдить на довольно значительномъ протяженіи такъ называемую ультрафіолетовую часть спектра, которая сама по себѣ невидима. Изъ вышеннеложеннаго ясно, что невидимые, ультрафиолетовые лучи обладаютъ наибольшей химической силой; поэтому ультрафиолетовую часть спектра обыкновенно называютъ химическимъ спектромъ. Химическій спектръ является непосредственнымъ продолженіемъ видимаго спектра и, подобно этому послѣднему, прерывается поперечными темными или фраунгоферовыми линиями. Эти линии въ ультрафиолетовой части спектра представляются даже болѣе широкими и болѣе красивыми, чѣмъ въ видимой его части, наиболѣе рѣзкія изъ нихъ обозначаются буквами *I, K, L...*

Существованіе ультрафиолетовыхъ лучей подтверждается еще другимъ, не менѣе интереснымъ явленіемъ. Именно, нѣкоторыя вещества обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ увеличивать продолжительность колебаній частицъ эфира въ падающихъ на нихъ свѣтовыхъ лучахъ; вслѣдствіе этого лучи, при обыкновенныхъ условіяхъ невидимые для нашего глаза, дѣлаются видимыми. Если, напр., мы намочимъ листъ бѣлой бумаги растворомъ сѣрникоислаго хинина и затѣмъ помѣстимъ этотъ листъ на экранъ, на который проектируется спектръ, и именно въ томъ мѣстѣ экрана, гдѣ лежитъ ультрафиолетовая часть спектра, то бумага начинаетъ свѣтиться краснымъ голубымъ свѣтомъ, хотя, по видимому, на нее не падаютъ никакіе лучи. Такимъ образомъ, бумага, пропитанная растворомъ сѣрникоислаго хинина, отражая такіе лучи, которые сами по себѣ не воспринимаются нашимъ глазомъ, настолько замедляетъ колебанія въ нихъ, что они производятъ на нашъ глазъ такое-же впечатлѣніе, какъ и голубые лучи. Но въ тѣхъ мѣстахъ бумаги, гдѣ на нее, въ дѣйствительности, не падаютъ никакіе лучи, свойство сѣрникоислаго хинина увеличивать продолжительность колебаній не можетъ, конечно, вызвать никакихъ смѣненій, и эти мѣста остаются темными, поэтому, и въ этомъ опытѣ упомянутые выше фраунгоферовы линии *I, K, L...* представляются во всей своей красѣ, выдѣляясь на голубомъ фонѣ. Кромѣ сѣрникоислаго хинина свойствомъ увеличивать продолжительность колебаній обладаютъ также нѣкоторые другія вещества. Только что описанное нами явленіе извѣстно подъ названіемъ флуоресценціи.

Изслѣдованіемъ ультрафиолетовыхъ лучей главнымъ образомъ занимались Маскаръ, Эссельбахъ и Корню. Послѣдній изъ этихъ ученыхъ снялъ солнечный спектръ вплоть до такой фраунгоферовой линіи, послѣ которой, какъ показываютъ его изысканія, солнечные лучи уже не оказываютъ дѣйствія на химическія соединенія; эту линію онъ обозначилъ буквою *V*. Длины волнъ и числа колебаній въ теченіе секунды для главнѣйшихъ фраунгоферовыхъ линій въ ультрафиолетовой части спектра даны въ сѣдующей табличкѣ.

Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіи 1 секунды.	Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіи 1 секунды.
<i>K</i>	0,000393	763 билліона	<i>R</i>	0,000318	943 билліона
<i>M</i>	373	804 „	<i>T</i>	302	995 „
<i>O</i>	344	872 „	<i>U</i>	295	1040 „
<i>P</i>	336	893 „			

Такимъ образомъ, солнечный спектръ, такъ сказать, сразу обрывается около линіи *U*, между тѣмъ какъ спектры многихъ земныхъ элементовъ можно прослѣдить значительно дальше. Такъ, напр., Корню удалось, что въ спектрѣ кадмія еще замѣтной химической силой обладаютъ лучи, дающіе линію, для которой длина волны составляетъ 0,000219 миллиметра; въ спектрѣ паровъ цинка онъ же получилъ линію, положеніе которой опредѣляется длиной волны въ 0,000202 миллиметра. Наконецъ, Соре прослѣдилъ спектръ алюминія до линіи, для которой длина волны равна 0,000185 миллиметра. Въ лучѣ, дающемъ въ спектрѣ эту линію, частицы эира совершаютъ 1620 билліоновъ колебаній въ секунду! Причину того, что солнечный спектръ прекращается въ линіи *U*, слѣдуетъ искать въ полномъ поглощеніи нашей атмосферой всѣхъ тѣхъ лучей солнца, для которыхъ длина волны короче 0,000295 миллиметра. И дѣйствительно, такое объясненіе подтверждается изслѣдованіями Гуггинса относительно спектровъ неподвижныхъ звѣздъ, онъ могъ прослѣдить эти спектры лишь до такого-же мѣста, какъ и спектръ солнца.

Солнечный спектръ продолжается не только со стороны фиолетоваго, но также и со стороны краснаго конца; но эта, такъ называемая инфракрасная часть спектра опять-таки невидима для нашего глаза. О существованіи ея мы узнаемъ благодаря совершенно другимъ явленіямъ. Солнце не только посылаетъ намъ свѣтъ, его лучи не только являются причиной различныхъ химическихъ процессовъ, но они также доставляютъ намъ и теплоту. Если мы, для полученія спектра, заставимъ солнечный лучъ пройти черезъ призму изъ прозрачной каменной соли, которая, въ противоположность стеклянной призмы, вполне пропускаетъ тепловые лучи, и если, затѣмъ, станемъ опредѣлять при помощи термометра согревательную силу различныхъ лучей, на которые разложился бѣлый солнечный свѣтъ, то мы придемъ къ неожиданному результату, а именно, что самое теплое мѣсто спектра лежитъ за предѣлами краснаго его конца, тамъ, куда, повидимому, не падаютъ никакіе лучи. Слѣдовательно, это пространство также наполнено лучами, но только такими, которые, подобно ультрафіолетовымъ, не производятъ впечатлѣній на глазъ, но которые зато воспринимаются нами въ видѣ теплоты. Совершенно подобнымъ же образомъ въ нашей ежедневной практикѣ мы получаемъ или ощущеніе вкуса или ощущеніе запаха, смотря по тому, достигаютъ ли частицы даннаго вещества нашихъ вкусовыхъ нервовъ, или нервовъ обонянія. Въ томъ и другомъ случаѣ различіе въ ощущеніяхъ зависитъ отъ односторонности нашихъ органовъ чувствъ.

Инфракрасная часть спектра покрыта также многочисленными иногда весьма широкими линіями, въ которыхъ не происходитъ никакаго нагреванія и которыя, такимъ образомъ, соответствуютъ фраунгоферовымъ линіямъ видимой части спектра. Первые изъ такихъ линій въ инфракрасной части спектра были найдены въ 1840 году Гершелемъ и въ 1842 году Дрэперомъ, а нѣсколько лѣтъ спустя, независимо отъ нихъ, французскими физиками Фуко и Физо. Больше подробнымъ знакомствомъ съ этой частью спектра, изслѣдованіе которой представляетъ необыкновенныя трудности, мы обязаны, главнымъ образомъ, Дрэперу, Беккерелю, Ланглю и Абнею. Воспользовавшись наблюденіями послѣдняго изъ этихъ ученыхъ, проф. Лангъ опредѣлилъ длины волнъ для цѣлаго ряда линій въ инфракрасной части спектра. Результаты, относящіяся къ важнѣйшимъ изъ этихъ линій, приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ течені 1 секунды.	Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ течені 1 секунды
Z	0,000824	364 билліона	φ	0,0001224	245 билліоновъ
X	854	351 »	ψ	1546	194 »
σ	942	318 »	ω	1800	160 »
τ	983	305 »			

Впрочемъ, въ 1882 году Ланглейю, при помощи особаго построеннаго для этой цѣли прибора, который называется болометромъ (часть IV), удалось прослѣдить инфракрасную часть солнечнаго спектра до такого мѣста, которому соответствуетъ длина волны, равная 0,003 миллиметра. По его мнѣнію, солнечный спектръ простирается бы еще значительно дальше, если бы наша земля не была окружена атмосферой, сильнѣе всего поглощающей всѣ тѣ лучи, которымъ соответствуютъ какъ весьма короткія, такъ и весьма длинныя волны. Ограничиваясь вышеназванными предѣлами для длины волны, мы приходимъ къ заключенію, что въ солнечномъ спектрѣ изслѣдованы такіе лучи, для которыхъ длина волны измѣняется отъ 0,003 до 0,000295 миллиметра, иначе говоря, — такіе лучи, въ которыхъ частицы эфиръ совершаютъ отъ 95 до 1040 билліоновъ колебаній въ секунду. Если имѣть въ виду не только видимую, но также инфракрасную и ультрафиолетовую части спектра, то, занимая способъ выраженія изъ ученія о звукахъ, мы можемъ сказать, что солнечный спектръ охватываетъ приблизительно  $3\frac{1}{2}$  октавы. При этомъ первая и вторая октавы состоятъ, главнымъ образомъ, изъ тепловыхъ лучей, третья — изъ видимыхъ и остающаяся часть четвертой — изъ химическихъ. Согласно съ этимъ Ланглей нашелъ, что изъ всей солнечной жгучести, постоянно оживляющей нашу землю, только  $\frac{1}{4}$  заключается въ видимыхъ и ультрафиолетовыхъ лучахъ, а остальные  $\frac{3}{4}$  приходится на долю инфракрасныхъ лучей.

Съ теченіемъ времени Ланглей довелъ болометръ до такой степени совершенства, что при помощи этого прибора явилась возможность опредѣлять температуру съ точностью до  $\frac{1}{10.000}$  доли градуса термометра Цельзія; благодаря этому онъ опредѣлялъ въ инфракрасной части спектра положеніе темныхъ или, вѣрнѣе, лишенныхъ теплоты полосъ съ такою точностью, какая при опредѣленіи положенія фраунгоферовыхъ линій въ видимой части спектра можетъ быть достигнута лишь съ помощью спектроскопа большой преломляющей силы (Часть IV). Такимъ образомъ ему удалось опредѣлить въ инфракрасной части спектра положеніе болѣе чѣмъ 2000 линій, большая часть которыхъ своимъ происхожденіемъ обязана, по его мнѣнію, поглощенію солнечныхъ лучей земной атмосферой.

Далѣе, Ланглей изслѣдовалъ тепловые лучи, испускаемые различными тѣлами на землѣ, причемъ при нѣкоторыхъ опытахъ онъ имѣлъ дѣло съ весьма низкой температурой. Этому ученому удалось наблюдать, между прочимъ, такой тепловой лучъ, которому соответствуетъ волна длиною въ 0,011 миллиметра. Однако, онъ полагаетъ, что это число еще не представляетъ предѣла для наибольшей длины волны; этотъ предѣлъ онъ оцениваетъ въ 0,03 миллиметра. При такой длинѣ волны частицы эфиръ должны совершать въ теченіе секунды отъ 9 до 10 билліоновъ колебаній \*).

§ 10. Видъ солнца въ зрительную трубу. Пятна и факелы. Разсматривая солнце при помощи зрительной трубы, къ окуляру которой, для предохраненія глаза отъ вреда, слѣдуетъ въ этомъ случаѣ привинтить плоское цвѣтное стекло, мы обыкновенно замѣчаемъ на поверхности этого небснаго тѣла нѣсколько рѣзко ограниченныхъ темныхъ мѣстъ или такъ называемыхъ пятенъ. Эти пятна по большей части имѣютъ неправильную форму. Наибольшія изъ нихъ почти всегда окружены непельнаго цвѣта каймой, или такъ называемой полутьмью, ширина которой со всѣхъ сторонъ бываетъ обыкновенно почти одна

\* ) Подробности, а равно и другіе результаты чрезвычайно важныхъ изслѣдованій Ланглей можно найти въ «Общемъ Землеуѣдѣніи» Ганна («Библиотека Естествознанія»).



Фототриггерный снимок солнца, сделанный 9 Февраля 1992 года на астрофизической обсерватории в Поморье



и также. \* Совершенно также, если мы будем фотографировать солнце ежедневно в ясную погоду, то почти на каждом полученном таким образом снимке мы можем заметить одно или несколько пятен. Один из таких снимков, сделанный 9 февраля 1892 года на астрофизической обсерватории в Потсдаме, изображен на прилагаемой при семь таблиц. На этой фотографии мы видим два группы пятен. Прямая черная линия, проходящая через весь диск солнца, не принадлежит солнцу, а представляет изображение нити, натянутой в фокусе астрономической трубы. \*

Кроме пятен мы часто замечаем на поверхности солнца, преимущественно на его краях, другие образования, которые, в противоположность пятнам, отличаются большою яркостью сравнительно с окружающими их частями солнечной поверхности и которые поэтому называются факелами. Но и остальная часть солнца, на которой нет ни факелов, ни пятен, в которая в слабую зрительную трубу представляется всею одинаково яркой, при размалывании ее в более сильный инструмент принимает совершенно особенный, почти не поддающийся описанию вид. В обложку и блуждающе представляется, что вся поверхность солнца как бы покрыта чешуйками, или, вѣрнѣе, что она состоит из свѣтлѣющей массы, которую по разным направлениям прорывають безчисленныя жиды другого вещества, свѣтлѣющее менѣе ярко и усѣяннаго огромнымъ числомъ маленькихъ темныхъ точекъ. Довольно вѣрное представление объ этомъ видѣ солнечной поверхности или о такъ называемой грануляции солнца даетъ намъ прилагаемая при семь таблица, на которой изображенъ фотографическій снимокъ, полученный Жансеномъ 7 юня 1878 г. на астрофизической обсерватории в Метонѣ, около Парижа.

\* Совокупность чешуек или гранулъ вышеупомянутой болѣе яркой массы солнечной поверхности называется фотосферой. Жансенъ замѣтилъ, что на дугахъ фотографическихъ снимкахъ эти гранулы мѣстами выходятъ размытыми, мѣстами яркими. Онъ назвалъ это явленіе фотосферической сѣткой. \* По изслѣдованіямъ Стэнноевича, эта фотосферическая сѣтка вызывается постоянными, въ высшей степени неправильными теченіями въ верхнихъ слояхъ газообразной оболочки солнца. \* Впрочемъ, на основаніи позднѣйшихъ наблюденій слѣдуетъ думать, что это явленіе зависитъ отъ земныхъ условій фотографированія.\*

§ 11. Измѣненія формы пятен. Если мы будемъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени слѣдить за однимъ и тѣмъ-же пятномъ, то мы замѣтимъ, что оно не только мѣняется по величинѣ, но и, вообще, принимаетъ различныя формы, нерѣдко раздѣляется на два или нѣсколько пятен, которыя снова могутъ соединиться въ одно, и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаетъ. Въ послѣднемъ случаѣ всегда сначала уменьшается постепенно темная центральная часть пятна, т. е. такъ называемая тѣнь или ядро, которое такимъ образомъ пропадаетъ задолго до исчезновения полугѣны.

\* Объ измѣненіяхъ формы пятенъ читатель можетъ составить себѣ понятное представление по рисункамъ 81, 82 и 83, на которыхъ изображено одно и то-же пятно на основаніи фотографическихъ снимковъ, сделанныхъ на Ликской обсерватории послѣдовательно 8 августа, 31 августа и 27 сентября 1893 года. \*

Описанныя нами измѣненія формы пятенъ очень часто происходятъ съ удивительною быстротой. Нерѣдко приходилось наблюдать образованіе отдельныхъ пятенъ и даже цѣлыхъ группъ ихъ въ теченіе немногихъ часовъ; иногда они также быстро и исчезали. Но встрѣчаются и такія пятна, которыя сохраняютъ свой видъ безъ особенныхъ измѣненій въ теченіе довольно продолжительнаго времени. Въ этихъ случаяхъ обыкновенно наблюдается слѣдующія явленія. Впервые пятно, имѣющее по болѣеи части продолговатую форму, появляется на лѣвомъ или восточномъ краѣ солнца, зтѣмъ оно медленно движется по направлению къ западному краю и достигаетъ этого послѣднато лишь по прошествіи 13 дней послѣ своего перваго появленія: послѣ этого оно исчезаетъ, и мы не видимъ его въ

теченіе такого же промежутка времени. По истеченіи этого второго періода оно снова появляется на прежнемъ мѣстѣ восточнаго края. Чѣмъ ближе къ центру солнца подходитъ пятно, тѣмъ шире оно намъ кажется; на краяхъ же оно дѣлается весьма узкимъ.



Рис. 81.

очень рѣзкимъ явленіемъ. Подобные примѣры которое было видно въ теченіи шести мѣсяцевъ,

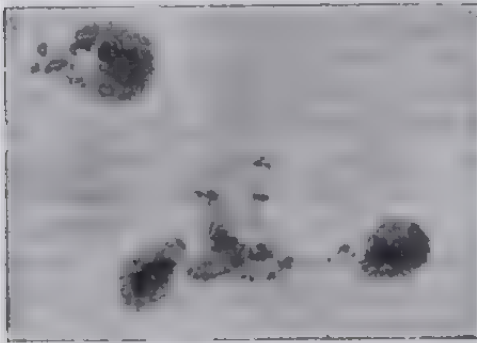


Рис. 82.

квадратныхъ километровъ. Однако такія пятна, діаметръ которыхъ не превосходитъ одной секунды, представляются, даже въ астрономическія трубы съ значительнымъ увеличе-



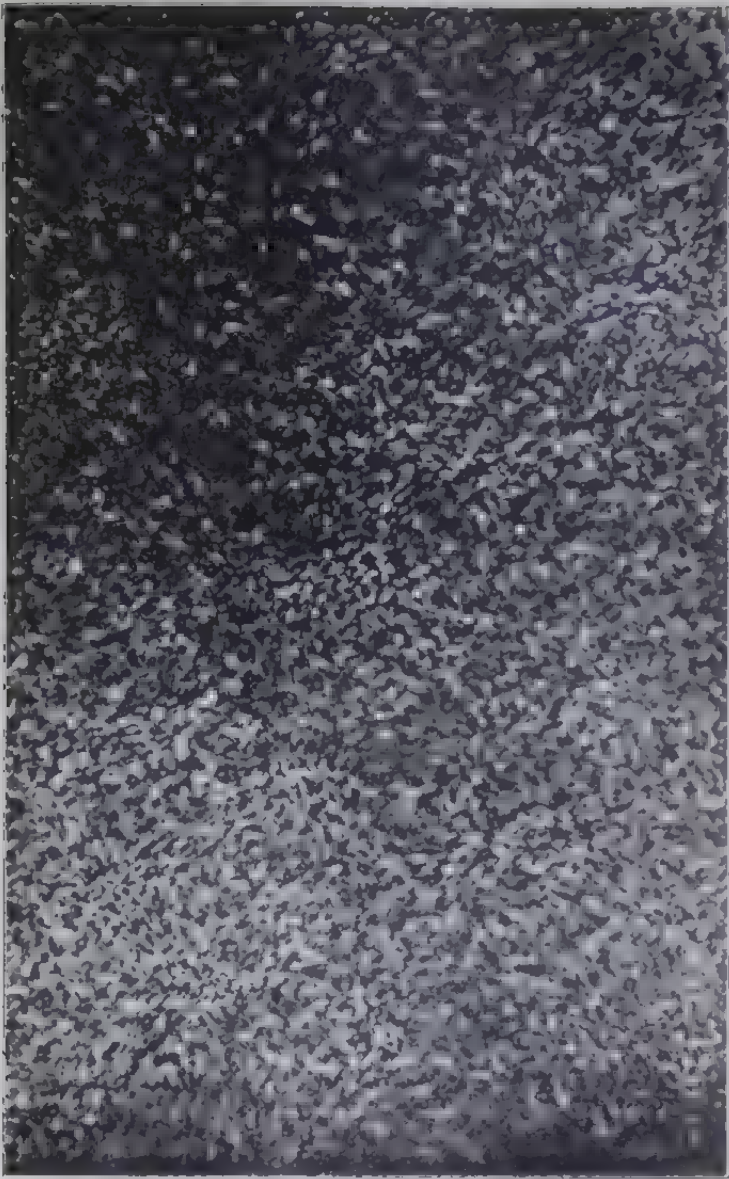
Рис. 83.

ніемъ, въ видѣ маленькихъ точекъ и потому обыкновенно называются порами. Такими порами поверхность солнца часто бываетъ, въ буквальномъ смыслѣ слова, усѣяна. Подъ пятнами же мы разумѣемъ собственно образованія гораздо большихъ размѣровъ, и нерѣдко приходилось наблюдать на поверхности солнца по истинѣ исполинскія пятна. Такъ, ревностный наблюдатель солнца Швабе въ Дессау 5 сентября 1850 года видѣлъ пятно, діаметръ котораго въ среднемъ равнялся  $302''$ , т. е. 211400 километрамъ; слѣдовательно, поверхность этого пятна составляла 35100 миллионныхъ квадратныхъ километровъ и была въ 69 разъ больше поверхности нашей земли. Изъ другихъ большихъ пятенъ, которыя во всякомъ случаѣ далеко не достигали размѣровъ только что упомянутаго пятна,

«Кромѣ того, когда пятно находится вблизи отъ центра солнца, ядро занимаетъ приблизительно центральное положеніе; по мѣрѣ же передвиженія пятна къ западному краю солнца, ядро, видимымъ образомъ, все болѣе и болѣе приближается къ восточному краю пятна (рис. 84). Наоборотъ, ядро находится на западномъ краѣ пятна, когда это послѣднее появляется на восточномъ краѣ солнца.»

Во всякомъ случаѣ такія пятна, которыя сохраняютъ свой видъ въ теченіе весьма долгаго времени, принадлежатъ къ представляють большое пятно 1779 года, заимѣ пятно, которое Швабе наблюдалъ въ 1840 году въ теченіе 8 оборотовъ, и, наконецъ, группа пятенъ, за которой Швабе могъ слѣдить въ 1861 и 1862 годахъ въ теченіе 18 ея появленій.

§ 12. Размѣры пятенъ. Вслѣдствіе огромнаго разстоянія, отдѣляющаго землю отъ солнца, длина въ 700 километровъ въ центральной части солнечнаго диска усматривается наблюдателемъ съ земли подъ весьма небольшимъ угломъ, равнымъ одной секундѣ. Поэтому, на поверхности солнца площадь круга, діаметръ котораго равенъ одной секундѣ, составляетъ 385000



С. и. у. г. у. л. я



Солнечное пятно, да'юлавіцеся вт Неаполь 27 Септэбры 1826 года

особенно замечательны два: одно из них было видно 30 июня 1842 года и имело диаметр, равный  $168''$ ; диаметр другого, которое наблюдалось 22 сентября 1848 года, в среднем равнялся  $147''$ . Поверхность этого последнего пятна в 18 раз превосходила поверхность нашей земли.

Еще больших размеров достигают такъ называемыя группы пятенъ, т. е. такія образования, въ которыхъ нѣсколько пятенъ окружены общою подушкою. Наибольшая изъ такихъ группъ пятенъ была наблюдаема въ ноябѣ 1847 года; по измѣреніямъ Швабе, протяженіе этой группы съ востока на западъ составляло  $668''$  или приблизительно 468000 километровъ. Группы пятенъ подобнаго размѣровъ появляются на поверхности солнца, вообще говоря, довольно часто.

Сопоставляя огромныя размѣры пятенъ съ измѣненіемъ ихъ формы и имѣя при этомъ въ виду, что на поверхности солнца какъ образование новыхъ пятенъ, такъ и совершенное исчезновеніе ихъ происходитъ иногда въ весьма короткіе промежутки времени, мы получаемъ ясное представленіе о тѣхъ грандіозныхъ переворотахъ, которые совершаются на поверхности центральнаго тѣла нашей планетной системы.

Весьма поучительный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ только что упомянутая большая группа пятенъ. Ея наибольшая длина въ направленіи съ востока на западъ въ теченіе двухъ дней, съ 14 по 15 нояб., уменьшилась съ  $668''$  до  $474''$ , т. е. на  $194''$  или приблизительно на 136000 километровъ. Следовательно, восточный и западный края этой группы ежедневно сближались на 68000 километровъ, между тѣмъ какъ наибольшая скорость земнаго урагана едва достигаетъ 3000 километровъ въ сутки. Еще болѣе быстрыя измѣненія происходили въ упомянутомъ виднѣ большаго пятнѣ, которое наблюдалось въ 1850 году. Его диаметръ въ теченіе одного дня измѣнился съ  $93''$  до  $302''$ , иначе говоря, — увеличился на  $209''$  или на 146000 километровъ. Вместе съ этимъ, поверхность пятна увеличилась отъ 3300 до 35100 квадратныхъ километровъ. Замѣчательно, что на другой день послѣ того, какъ это пятно достигло такихъ огромныхъ размѣровъ, диаметръ его снова уменьшился до своей прежней величины.

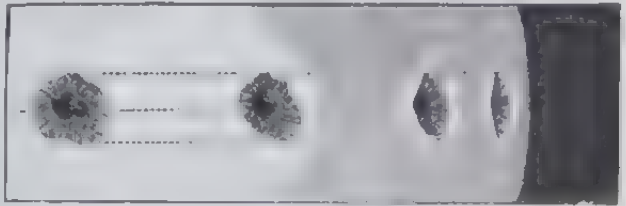


Рис. 84.

Есть основаніе думать, что пятна иногда могутъ достигать еще большихъ размѣровъ, чѣмъ вышеупомянутое. Такъ напр., Альбуфараджъ рассказываетъ въ своей «Historia Dyablica», что въ 535 году солнечный свѣтъ былъ помраченъ въ теченіе 14 дней, что въ 626 году половина солнечнаго диска въ теченіе продолжительнаго времени казалась черной и т. д. Хотя мы и не можемъ придавать букввальнаго значенія этимъ описаніямъ, относящимся къ первымъ столѣтіямъ нашего лѣтосчисленія, тѣмъ не менѣе если только здѣсь рѣчь идетъ о солнечныхъ пятнахъ, мы должны допустить, что въ тѣ времена эти образования достигали чудовищныхъ размѣровъ. Точно также, знаменитый врачъ Аверроэсъ изъ Кордовы, жившій въ XII-омъ столѣтіи, наблюдалъ одно большое солнечное пятно невооруженнымъ глазомъ; но на это наблюденіе въ то время не было обращено должнаго вниманія, и оно не привело ни къ какимъ важнымъ результатамъ, такъ какъ самъ наблюдатель неправильно принялъ это пятно за планету Меркурій. Замѣчательно, что въ ту же самую ошибку впалъ также Кеплеръ, когда онъ 28 Мая 1607 года замѣтилъ на солнцѣ пятно. Впрочемъ, такія пятна или группы пятенъ, которыя могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ, вообще не представляютъ рѣдкости, и въ периоды наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца почти всегда появляются одно или два

таких пятен Таке, напр., упомянутому выше Швабе неоднократно удавалось видеть пятна простым глазом, причем за некоторыми из них он мог слѣдить такимъ образомъ въ течение несколькихъ дней подрядъ. Въ слѣдующей таблицѣ даны числа, показывающія, сколько пятенъ въѣдалъ Швабе несформированнымъ глазомъ въ различные годы.

Годъ.	Число пятенъ.	Годъ.	Число пятенъ.
1847 . . . . .	5	1859 . . . . .	4
1848 . . . . .	5	1860 . . . . .	9
1849 . . . . .	6		

Но число въ Швабе несформированнымъ глазомъ можно видеть все таки пятна, диаметръ которыхъ только 50". Тиссо же показываетъ, что для этого даже достаточно, чтобы диаметръ пятна былъ не меньше 30".

§ 13 Цвѣтъ и строеніе пятенъ. На первый взглядъ солнечныя пятна и особенно ихъ центральная часть кажутся намъ совершенно черными, но это зависитъ только отъ того, что съ окружающими пятно весьма яркими частями солнечной поверхности. На самомъ же дѣлѣ пятна представляютъ лишь менѣе ярко свѣтящіеся мѣста этой поверхности, которыя во весьма маломъ подпускаютъ еще весьма значительное количество свѣта. Именно астрономъ Ланглей показалъ, что яркость ядра въ 500 разъ превосходитъ яркость лосиной луны. Все наблюдатели солнца довольно часто указываютъ на такие случаи, когда пятно несомнѣнно имѣло краснобурый отблескъ. Это особенно бросается въ глаза тогда, когда на солнечномъ дискѣ находится одновременно нѣсколько пятенъ, и въ однихъ изъ нихъ краснобурый цвѣтъ выступаетъ гораздо явственнѣе, чѣмъ въ другихъ, какъ это было въ случаѣ 16 марта 1858 года. Подобный же случай имѣлся въ 1849 году Халлака, причемъ ему казалось, что одно изъ двухъ рядомъ лежащихъ пятенъ отчасти покрывалось другимъ. Такое же точно явленіе было замѣчено въ 1846 году Рашигомъ въ Дрезденѣ, 12 марта 1864 года Э. Виссомъ и 21 апрѣля 1869 года Хитомъ въ Вѣнѣ и, наконецъ, 6 и 7 мая 1871 года Бирмингамомъ въ Миллбрукѣ. Впрочемъ, краснобурый цвѣтъ пятенъ бываетъ замѣченъ также тогда, когда, при спокойномъ воздухѣ, солнце проявляетъ свою густую дымку, такъ что его можно наблюдать, не пользуясь никакимъ стекломъ. Наконецъ, мы и во всякое время можемъ легко убѣдиться въ томъ, что солнечныя пятна въ действительности не представляютъ совершенно черныхъ мѣстъ солнечной поверхности. Для этого стоитъ только къ окулярному концу астрономической трубы, служившей для наблюдений солнца, прикрѣпить экранъ изъ бѣлой бумаги, какъ показано на рисункѣ 85.



Рис. 85.

При одномъ взглядѣ на изображеніе солнца, полученное такимъ образомъ на этомъ экранѣ, мы приходимъ къ заключенію, что цвѣтъ пятенъ краснобурый.

Солнечныя пятна могутъ принимать самую разнообразную форму. Не слишкомъ большія пятна въ среднюю эпоху свѣта существованія обыкновенно имѣютъ довольно правильную круглую форму. Часто пятна располагаются, какъ мы видели выше, группами. Въ такомъ случаѣ первично общая полутьма окружаетъ нѣсколько ядеръ. Наибольшее изъ нихъ, или такъ называемая голова, находится на западномъ краѣ пятна и, при движеніи того послѣдняго, идетъ впередъ, менѣе ядра слѣдуя за нимъ.

Полутьма пятна лишь въ рѣдкихъ случаяхъ во всея своихъ частяхъ бываетъ одного и того же сѣраго цвѣта, обыкновенно же тѣ части, которыя лежатъ ближе къ ядру, представляются болѣе яркими, чѣмъ вѣнчине края полутьмы. Кроме того, по исследованіямъ Ланглея, какъ тѣмъ, такъ и ядро солнечнаго пятна представляютъ спиральное строеніе. Такое спиральное строеніе, вообще, можетъ быть наблюдаемо только при помощи

сильныхъ астрономическихъ трубъ, и лишь въ исключительныхъ случаяхъ оно совершенно ясно выступаетъ также и при наблюденияхъ небольшими инструментами. На рисункѣ 86 изображено замѣчательное солнечное пятно съ спиральнымъ строеніемъ, наблюдавшееся итальянскимъ астрономомъ Секки 5 мая 1854 года. На этомъ пятнѣ, между прочимъ, весьма ясно видны области темноты внутри ядра, на существованіе которыхъ, вообще впервые указалъ Довесъ (Dawes) въ 1852 году.

§ 14. Периодическія измѣненія числа солнечныхъ пятенъ. Въ теченіе болѣе чѣмъ 200 лѣтъ со времени открытія солнечныхъ пятенъ не было замѣчено никакой законности въ пятнообразовательной дѣятельности солнца; было извѣстно только, что иногда въ теченіе цѣлыхъ дней и даже цѣлыхъ недѣль на поверхности солнца или вовсе не бываетъ пятенъ или же число ихъ очень невелико; по временамъ же, наоборотъ, солнце во многихъ мѣстахъ своей поверхности бываетъ покрыто пятнами. Еще въ концѣ XVIII столѣтія Христіанъ Хорребовъ подозрѣвалъ, что указанные явленія періодически повторяются, но онъ ничего не опубликовалъ относительно этого вопроса; впрочемъ, періодичность этихъ явленій оставалась въ теченіе долгаго времени неизвѣстной, безъ сомнѣнія, только потому, что равнше никому изъ наблюда-



Рис. 86.

телей не приходила въ голову мысль систематически слѣдить за пятнообразовательною дѣятельностью солнца. Подобнаго рода наблюдения впервые предпринялъ Швабе, который съ 1826 года до самой своей смерти, въ теченіе болѣе чѣмъ 40 лѣтъ, неутомимо слѣдилъ за всѣми измѣненіями, происходившими на поверхности солнца, и зато, уже въ 1843 году, его труды увѣнчались открытіемъ, весьма важнымъ въ смыслѣ расширенія нашихъ знаній о физическихъ свойствахъ солнца; именно, онъ нашлъ, что число солнечныхъ пятенъ подпадаетъ правильному періодическому колебанію. Это съ видной степенью замѣчательное открытіе, составлявшее въ науку эпоху, явилось плодомъ его 16-тилѣтнихъ наблюдений и было опубликовано имъ въ журналѣ «Astronomische Nachrichten». Продолжительность періода, въ теченіе котораго пятнообразовательная дѣятельность солнца отъ минимума доходитъ до максимума и снова понижается до минимума, составляетъ, по его изслѣдованіямъ, приблизительно, 10 лѣтъ. Изъ нижеслѣдующей таблицы, въ которой приведены результаты весьма обстоятельныхъ наблюдений Швабе, читатель легко можетъ видѣть самъ, какимъ образомъ мѣнялось изъ года въ годъ пятнообразовательная дѣятельность солнца въ теченіе времени съ 1826 до 1868 года.

Годъ.	Число наблю- даемыхъ пятенъ.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ теченіе ко- торыхъ на солнцѣ во се- не было пятенъ	Годъ.	Число наблю- даемыхъ пятенъ.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ теченіе ко- торыхъ на солнцѣ во се- не было пятенъ
1826	277	118	22	1833	267	33	139
1827	273	161	2	1834	273	51	120
1828	282	225	0	1835	244	173	18
1829	244	199	0	1836	200	272	0
1830	217	190	1	1837	168	333	0
1831	239	149	3	1838	202	282	0
1832	270	84	49	1839	205	162	0

Годъ.	Число наблю- дательныхъ пятенъ.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ ко- торые на солнцѣ вообще не было пятенъ.	Годъ.	Число наблю- дательныхъ дней.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ ко- торые на солнцѣ вообще не было пятенъ.
1840	263	152	3	1855	313	38	146
1841	283	102	15	1856	321	34	193
1842	307	68	64	1857	324	98	52
1843	324	34	149	1858	335	202	0
1844	320	52	111	1859	343	205	0
1845	332	114	29	1860	332	211	0
1846	314	157	1	1861	322	204	0
1847	276	257	0	1862	317	160	3
1848	278	330	0	1863	330	124	2
1849	285	238	0	1864	325	130	4
1850	308	186	2	1865	307	93	26
1851	308	151	0	1866	349	45	76
1852	337	125	2	1867	312	25	195
1853	299	91	4	1868	301	101	23
1854	334	67	65				

Уже одного взгляда на числа этой таблицы достаточно, чтобы убедиться въ периодичности разсматриваемаго нами явления. Къ этому необходимо еще прибавить, что въ тѣ годы, когда пятнообразовательная дѣятельность солнца проявляется весьма слабо, на его поверхности не только наблюдается меньшее число пятенъ, но и, вообще, тѣ пятна, которыя появляются въ это время, отличаются небольшими размѣрами и не представляютъ ничего замѣчательнаго въ то же наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, наоборотъ, преобладаютъ огромныя пятна, такъ что периодическій ходъ чиселъ предыдущей таблицы выступилъ бы еще яснѣе, если бы мы общее число пятенъ, видимыхъ на солнцѣ въ течение года, замѣнили суммой площадей, занимаемыхъ этими пятнами на его поверхности.

Но въ течение дѣсяти лѣтъ ученые не обращали никакого вниманія на открытѣ Шварца, мало того, нѣкоторые изъ нихъ даже горячо возставали противъ этого открытiя. Это продолжалось до тѣхъ поръ, пока не припріялъ своихъ изслѣдованiи относительно солнечныхъ пятенъ Р. Вольфъ, находившiйся въ то время въ Бернѣ и позже занявшiй постъ директора Цюрихской обсерваторiи.

Воспользовавшись старыми наблюденiями, которыя онъ самымъ тщательнымъ образомъ собралъ въ разнѣнныхъ источникахъ, онъ установилъ продолжительность периода въ 11 лѣтъ послѣ продолжительной и весьма педельной работы ему, наконецъ, удалось съ удовлетворительною точностью указать, начиная со времени открытiя солнечныхъ пятенъ, тѣ эпохи, которымъ соответствовало какъ наибольшее, такъ и наименьшее развитiе пятнообразовательной дѣятельности солнца. Полученные имъ результаты приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Наибольшее развитiе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитiе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наибольшее развитiе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитiе пятнообраз. дѣятельности солнца.	
Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. въ годахъ.
1615,5	$\pm 1,5$	1610,8	$\pm 0,4$	1660,0	2,0	1655,0	2,0
1626,0	1,0	1619,0	1,5	1675,0	2,0	1666,0	2,0
1639,5	1,0	1634,0	1,0	1685,0	1,5	1679,5	2,0
1649,0	1,5	1645,0	1,0	1693,0	2,0	1689,5	2,0



Гюйгенсъ (1629—1695).



Ньютонъ (1642—1727)



Фраунгоферъ. (1787 1826)



Р Вольфъ (1816 1893.)



Наибольшее развитие пятнообраз. деятельности солнца.		Наименьшее развитие пятнообраз. деятельности солнца.		Наибольшее развитие пятнообраз. деятельности солнца.		Наименьшее развитие пятнообраз. деятельности солнца.	
Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. в годах.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. в годах.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. в годах.	Эпоха.	Возможная ошибка, выра- жен. в годах.
1705,5	+ 1,0	1698,9	+ 2,0	1804,0	+ 1,0	1798,3	+ 0,5
1738,2	1,0	1712,0	1,0	1816,4	0,5	1810,6	0,5
1727,5	1,0	1723,5	1,0	1829,9	1,0	1823,3	0,5
1738,7	1,0	1734,0	1,0	1837,2	0,5	1833,9	0,2
1750,3	1,0	1745,0	1,0	1848,1	0,5	1843,5	0,2
1761,5	0,5	1755,2	0,5	1860,1	0,2	1856,0	0,2
1769,7	0,5	1766,5	0,5	1870,6	0,1	1867,2	0,1
1778,4	0,5	1775,5	0,5	1883,9	0,1	1878,9	0,1
1788,1	0,5	1784,7	0,5			1889,6	0,1

Разсматривая числа этой таблицы, мы тотчас же замечаем, что продолжительность периода не есть величина постоянная, но что она колеблется около своего среднего значения равного 11,5 годам и может довольно сильно уклоняться от него в ту и другую сторону. Далее, на основании той же самой таблицы, мы легко убеждаемся в том, что промежуток времени, протекающий от эпохи наибольшего развития пятнообразовательной деятельности солнца до ближайшей эпохи наименьшего ее развития, значительно короче, чем промежуток, протекающий от этой последней эпохи до следующей эпохи наибольшего развития. Именно, первый из этих промежутков, в среднем, составляет 4,6, а второй—6,5 летъ.

Кроме того, изъ обстоятельных изслѣдованій Вольфа былъ выведенъ еще другой весьма замѣчательный результатъ, а именно, что спустя три года послѣ старшей эпохи наибольшего числа пятен наступаютъ еще вторичная подобная же эпоха, хотя и менѣе ясно выраженная, и что, при болѣе продолжительности промежутка между двумя слѣдующими другъ за другомъ эпохами наибольшего развитія пятнообразовательной деятельности солнца, на поверхности этого послѣдняго замѣчается менѣе число пятен, чѣмъ въ случаѣ болѣе короткаго промежутка между упомянутыми эпохами. Другими словами, что болѣе короткіе периоды обуславливаются болѣе сильнымъ развитіемъ деятельности солнца, болѣе сильнымъ проявленіемъ его энергій.

\* При своихъ изслѣдованіяхъ Вольфъ имѣлъ въ разсмотрѣніе такъ называемыя относительныя числа, которыя составляются нѣсколько произвольнымъ образомъ на основаніи данныхъ, получаемыхъ непосредственно изъ наблюданій. Относительное число  $r$  выражается слѣдующей простой формулой

$$r = k(10g + f).$$

Здѣсь  $g$  есть число группъ пятенъ, появившихся на солнцѣ въ теченіе какого-либо промежутка времени, причѣмъ въ этомъ случаѣ каждое отдѣльное пятно также считается за группу, дабы  $f$  выражать полное число пятенъ, какъ самостоятельныхъ, такъ и входящихъ въ составъ группъ наконецъ,  $k$  есть численный коэффициентъ, различный для каждаго наблюдателя и для каждаго инструмента чѣмъ менѣе инструментъ, тѣмъ болѣе этотъ коэффициентъ  $k$ . Изъ сравненія одновременныхъ наблюденій нѣсколькихъ наблюдателей легко найтн отношеніе между различными коэффициентами  $k$ . Если коэффициентъ  $k$  для какого-нибудь одного наблюдателя и для опредѣленнаго инструмента принять за единицу, то относительныя числа, соответствующія различнымъ наблюдателямъ, могутъ быть выражены въ одинаковыхъ единицахъ, такъ что въ этомъ случаѣ получается однородная система чиселъ. При помощи такихъ относительныхъ чиселъ, которыя оказываются

пропорциональными общей площади, занимаемой пятнами в рассматриваемый промежуток времени, является возможность определять напряженность пятнообразовательной деятельности солнца.\* Вольф вычислил 1440 таких относительных чисел для каждого месяца съ 1751 по 1870 г. включительно, т. е. за 120-лѣтній промежуток времени. Эти вычисления стоили ему весьма большого труда, но зато на основании ихъ ему удалось сдѣлать весьма интересные выводы. Именно, онъ задается цѣлью изслѣдовать, не существуетъ ли, кромѣ главнаго 11-лѣтняго періода, еще другой второстепенный. Для этого онъ послѣдовательно располагал вышеупомянутыя относительныя числа по періодамъ, продолжительность которыхъ онъ принимаетъ соответственно равную 8 годамъ 6 месяцамъ, 8 годамъ 8 месяцамъ, 8 годамъ 10 месяцамъ и т. д. до 12½ лѣтъ. Затѣмъ онъ составилъ среднія арифметическія изъ чиселъ, полученныхъ для каждаго такого періода. Такимъ образомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что, кромѣ главнаго періода, существуетъ действительно, еще два второстепенныхъ, изъ которыхъ одинъ охватываетъ 8½ лѣтъ, а другой почти ровно 10 лѣтъ. Существованіемъ этихъ второстепенныхъ періодовъ и объясняются значительныя отклоненія продолжительности главнаго періода въ ту и другую сторону отъ средняго значенія, равнаго 11¼ годамъ. Но вычисления Вольфа не дали никакого указанія на существованіе четвертаго, 12-лѣтняго періода, о которомъ говорятъ многіе изслѣдователи зато онъ пришелъ къ заключенію, что существуетъ еще одинъ второстепенный періодъ весьма большой продолжительности, которая, однако, не могла быть определена съ удовлетворительною точностью по недостатку подходящихъ для этой цѣли наблюдений. Почти съ одинаковою вѣроятностью можно было принять, что эта продолжительность составляетъ 67, 80 или 100 лѣтъ.

\* Въ заключение этого параграфа слѣдуетъ нелишнимъ указать, что въ ближайшемъ будущемъ наибольшее развитіе пятнообразов. силы деятельности солнца должно имѣть мѣсто въ 1904, 1915 и 1926 годахъ, впродолженіе того, 1911 и 1922 годы будутъ эпохами наиболѣе слабого развитія этой деятельности. \*

§ 15. Распределеніе солнечныхъ пятенъ. Еще Шейнеръ, одинъ изъ первыхъ наблюдателей солнечныхъ пятенъ, замѣтилъ что эти послѣдніе образуются только въ двухъ зонахъ солнечной поверхности, простирающихся приблизительно до 30° или 40° въ обѣ стороны отъ солнечнаго экватора. За пределами же этихъ зонъ пятна появляются весьма рѣдко. Наибольшее удаленіе отъ солнечнаго экватора, илѣе говоря, — наибольшая геліографическая широта, на которой до сихъ поръ наблюдались пятна, составляетъ 51°. Истинно, на такомъ разстояніи къ сѣверу отъ экватора наблюдали группу пятен въ сентябрь мѣсяцъ 1846 года Петерсъ, работавшій въ то время въ Павловъ и впоследствии занявшій мѣсто директора обсерваторіи въ Клинговѣ, въ Союзныхъ Штатахъ.

До середины XIX столѣтія этимъ и ограничивались свѣдѣнія астрономовъ относительно распределенія пятенъ по поверхности солнца. Только Каррингтонъ, обработавшій боковой рядъ наблюдений, которая онъ производилъ надъ солнечными пятнами въ теченіи семи лѣтъ, съ 1854 по 1861 г., пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что до эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной деятельности солнца, т. е. до 1856 года, всѣ пятна появлялись въ двухъ зонахъ солнечной поверхности, простирающихся до 20° въ обѣ стороны отъ экватора; немного же спустя послѣ упомянутой эпохи картина совершенно измѣнилась: пятнообразовательная деятельность солнца перешла въ двѣ другія зоны лежащія какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріяхъ солнечной поверхности между 20° и 40° геліографической широты, между тѣмъ какъ въ стародавнія времена въ сдѣлались свободными отъ пятенъ. Однако, уже въ слѣдующіе годы обѣ вышеупомянутыя зоны, въ которыхъ сосредоточилась пятнообразовательная деятельность солнца, стали замѣтнымъ образомъ приближаться къ экватору, по изслѣдованіямъ Шчерера, который началъ свои наблюденія надъ солнечными пятнами въ 1861 году.

это продолжалось вплоть до 1867 года, т. е. до новой эпохи наименьшего развития пятнообразовательной деятельности солнца, так что около этого времени образование пятен снова наблюдалось в двух зонах, лежащих на  $20^{\circ}$  къ северу и къ югу от солнечнаго экватора. Но въ скоромъ времени въ этихъ зонахъ деятельность солнца совершенно погасла, съ тѣмъ, чтобы снова разгорѣться въ зонахъ, заключающихся между  $20^{\circ}$  и  $40^{\circ}$  северной и южной географической широты. Такъ какъ Каррингтонъ изъ наблюдений Петерса и Вольфа изъ наблюдений Вема вывели, что около двухъ предшествующихъ эпохъ наибольшаго развития пятнообразовательной деятельности солнца, т. е. около 1844 года и около 1833 года, области появленія пятен перемѣщались на поверхности солнца по тому же самому закону, и такъ какъ то же самое подтверждается новѣйшими наблюдениями, то отсюда слѣдуетъ заключить, что это явленіе правильнымъ образомъ повторяется въ теченіе каждаго 11-лѣтняго периода. Еще въ 1861 году Вольфъ объяснял такое перемѣщеніе области образованія пятенъ периодическими теченіями внутри солнца, направленными отъ полюсовъ къ экватору. Такія теченія, зарождающіяся вѣкоръ послѣ эпохи наименьшаго развития пятнообразовательной деятельности солнца, обуславливаютъ изверженія на поверхности этого послѣдняго, слѣдствіемъ чего, въ свою очередь, являются наблюдаемые нами пятна и факелы.

На нѣкоторомъ разстояніи отъ экватора, приблизительно въ зонахъ между  $10^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  северной и южной широты, явленіе это достигаетъ наибольшаго развитія. По мѣрѣ дальнѣйшаго приближенія къ экватору тѣхъ зонъ, въ которыхъ образуются пятна, пятнообразовательная дѣятельность солнца постепенно замираетъ, и около новой эпохи наименьшаго числа пятенъ въ нѣкоторомъ слѣѣ внутри солнца зарождаются новыя теченія, направленные отъ полюсовъ къ экватору.



Рис. 87.

На основаніи этого взгляда, пятна, наблюдаемыя послѣ эпохи почти совершеннаго замирания пятнообразовательной дѣятельности солнца, суть не что иное, какъ послѣдніе слѣды старыхъ, уже окончившихъ свое существованіе пятенъ. Напротивъ того, тѣ пятна, которыя мы видимъ на поверхности солнца послѣ этой эпохи, прѣдставляютъ результатъ дѣятелія новыхъ, только что получившихъ свое начало теченій.

• Распрежденіе пятенъ по поверхности солнца, на основаніи наблюдений Каррингтона и Шверера, прѣдставлено схематически на рисункѣ 87. Черезъ каждыя пять градусовъ географической широты, на продолженіяхъ радиусовъ круга, изображающаго поверхность солнца, отложены длины, пропорціональныя числу пятенъ, наблюдавшихся каждымъ изъ наблюдателей на соответственныхъ параллеляхъ солнечной поверхности. Кривыя линія, проведенныя черезъ полученныя такимъ образомъ точки, и даютъ намъ наглядное предствленіе о распреденіи пятенъ. Изъ этого рисунка мы, между прочимъ, усматриваемъ, что подлѣ самаго экватора солнечной поверхности пятна появляются весьма рѣдко. \*

§ 16 Законы образованія пятенъ. Швабе еще въ 1840 году замѣтилъ, что какъ образованіе солнечныхъ пятенъ, такъ и ихъ исчезновеніе подчинены нѣкоторымъ законамъ, которые онъ точнѣе формулировалъ въ 1842 году. Петерсъ на основаніи своихъ наблюдений надъ солнечными пятнами, которыя онъ производилъ въ Неаполѣ въ 1845 и 1846 годахъ, привелъ въ 1862 году къ заключеніямъ, вполне подтверждающимъ результаты

найденные Швабе. Оба эти ученые вывели из своихъ наблюдений слѣдующіе законы образованія в разложенія солнечныхъ пятенъ.

1. Образованіе новаго пятна вблизи другаго, уже существующаго, происходитъ обыкновенно съ восточной стороны отъ этого послѣдняго. Точно также, при увеличеніи размѣровъ какой-нибудь группы пятенъ, новыя пятна образуются въ той ея части, которая обращена къ востоку. Но такъ какъ пятна, появляясь на восточномъ краѣ солнечнаго диска, медленно перемѣщаются къ западному (§ 11), то, очевидно, восточная часть пятна въ то же время есть часть, идущая позади. Поэтому мы можемъ также сказать, что новыя пятна, образуясь вблизи существующихъ, слѣдуютъ за этими послѣдними.

2. Въ группѣ пятенъ первыми исчезаютъ тѣ пятна, которыя находятся на ея западной сторонѣ, иначе говоря—тѣ, которыя идутъ впереди. При этомъ первѣко, въ то время какъ на западной сторонѣ группы размѣры пятенъ уменьшаются, размѣры пятенъ, находящихся на восточной ея сторонѣ, увеличиваются.

3. Большое пятно весьма часто сопровождается пятнами меньшихъ размѣровъ, которыя по большей части слѣдуютъ за главнымъ пятномъ.

Сопоставляя все вышесказанное, мы приходимъ къ весьма замѣчательному заключенію, а именно, что распространеніе пятнообразовательной дѣятельности солнца происходитъ въ направленіи, обратномъ движенію пятенъ или, иначе говоря, въ направленіи, обратномъ направленію вращенія солнца (§ 17). Съ этимъ явленіемъ находится въ связи другое, на которое впервые обратилъ вниманіе астрономъ Карль въ Мюнхенѣ. Именно, онъ замѣтилъ, что въ 1859—63 годахъ на томъ полушаріи солнца, которое было обращено въ сторону, противоположную землѣ, какъ образовывалось, такъ и исчезало гораздо больше пятенъ, чѣмъ на полушаріи, обращенномъ къ землѣ. Подобное же явленіе было замѣчено еще раньше неугомоннымъ наблюдателемъ солнечныхъ пятенъ Швабе; по его изслѣдованіямъ такое образованіе и исчезновеніе пятенъ преимущественно на одной сторонѣ солнечной поверхности особенно бросалось въ глаза около 1828 и 1848 годовъ. Кроме того Швабе замѣтилъ, что область наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, повидимому, перемѣщается по поверхности этого послѣдняго параллельно солнечному экватору, и, если принять во вниманіе, что отношеніе пятенъ, образующихся на восточномъ полушаріи солнца къ числу всѣхъ вообще наблюдаемыхъ пятенъ, по вычисленіямъ Карля, къ концу вышесуприманутой эпохи значительно увеличилось, то съ большою вѣроятностью можно допустить, что явленіе, состоящее въ образованіи пятенъ преимущественно на одной сторонѣ солнечной поверхности, находится въ связи съ периодичностью ихъ числа. Именно, эти связи выражаются тѣмъ, что въ эпохи наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца на обращенномъ къ намъ полушаріи солнечной поверхности къ образуется, такъ и исчезаетъ меньшее число пятенъ, чѣмъ на другомъ его полушаріи.

Датье, Швабе замѣтилъ, что наибольшія пятна обыкновенно появляются парами; онъ же неоднократно указывалъ на то, что весьма часто въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени на одномъ полушаріи солнца, сѣверномъ или южномъ, наблюдается большее число пятенъ, чѣмъ на другомъ. Такъ, напр. въ 1858 году большимъ богатствомъ пятенъ отличалось южное полушаріе. Кроме того, Шпереръ показалъ, что въ 1856 и 1867 годахъ въ южномъ полушаріи пятнообразовательная дѣятельность затихла раньше, чѣмъ въ сѣверномъ. Точно также въ 1860 и 1873 годахъ въ южномъ полушаріи опять раньше чѣмъ въ сѣверномъ, наблюдался наибольшій разгаръ пятнообразовательной дѣятельности солнца. Наконецъ Де-ля-Рю, Леви и Стюартъ нашли, что въ теченіе одного и того же періода пятна первѣко образуются на противоположныхъ концахъ одного и того же діаметра солнечнаго диска.

§ 17 Вращеніе солнца. Уже выше (§ 11) было замѣчено, что всѣ пятна, держащіяся на поверхности солнца въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени безъ

особенно сильных изменений, медленно перемищаются по солнечному диску от восточного его края къ западному. Это объясняется вращеніемъ самаго солнца въ направленіи съ запада на востокъ, т. е. въ томъ же направленіи, въ какомъ совершается вращеніе земли около оси (Часть I, глава II); поэтому наблюденіями надъ солнечными пятнами можно съ большимъ удобствомъ воспользоваться для опредѣленія времени вращенія солнца около оси и, вмѣстѣ съ тѣмъ, для опредѣленія положенія этой оси въ пространствѣ. Попытки опредѣленія времени вращенія солнца по наблюденіямъ солнечныхъ пятенъ дѣлались уже вскорѣ послѣ открытія этихъ послѣднихъ: изъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ солнце было первымъ, вращеніе котораго было изслѣдовано такимъ способомъ.

Уже давно было замѣчено, что пути, описываемые пятнами на солнечномъ дискѣ, въ различныя времена года имѣютъ различный видъ. Именно, 10-го іюня и 10-го декабря эти пути представляются намъ въ видѣ прямыхъ линий, въ остальное же время года пятна описываютъ на солнечномъ дискѣ кривыя линіи, которая въ теченіи одной половины года обращена выпуклостью къ сѣверу, или вверхъ, въ теченіе другой — къ югу, или внизъ. Наибольшей кривизной обладаютъ эти криволинейныя пути пятенъ въ августѣ и въ февралѣ, причѣмъ въ первомъ случаѣ они обращены выпуклостью вверхъ, а во второмъ — внизъ. Наконецъ, еще было замѣчено, что промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями пятна черезъ одинъ и тотъ же край солнца, восточный или западный, составляетъ приблизительно 27 дней. Этихъ наблюденій уже достаточно, чтобы представить себѣ, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, какимъ образомъ происходитъ вращеніе солнца около оси.

Если солнце вращается около оси, то всѣ точки его поверхности, а, следовательно, также и солнечныя пятна должны описывать круги, плоскости которыхъ перпендикулярны къ оси вращенія, и центры которыхъ всѣ лежатъ на этой послѣдней. Окружность того изъ этихъ круговъ, который проходитъ черезъ центръ солнца и который отстоитъ на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ обоихъ полюсовъ, обладаетъ наибольшими размѣрами и по аналогіи съ земнымъ экваторомъ (Вид. § 5) можетъ быть названа солнечнымъ экваторомъ. Какъ солнечный экваторъ, такъ и всѣ остальные параллели солнечной поверхности, по которымъ, при вращеніи солнца, движутся пятна, могутъ представлятья наблюдателю, находящемуся на землѣ или 1) въ видѣ прямыхъ линій, если плоскость солнечнаго экватора совпадаетъ съ плоскостью эклиптики (Вид. § 11), или 2) въ видѣ окружностей круговъ, если линія зрѣнія перпендикулярна къ плоскости солнечнаго экватора, т. е. если эта послѣдняя плоскость составляетъ съ плоскостью эклиптики прямой уголъ, или, наконецъ, 3) въ видѣ эллиптическихъ кривыхъ (Часть I, § 75), если плоскость солнечнаго экватора наклонена къ плоскости эклиптики подъ некоторымъ угломъ, заключающимся между  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .

Третій изъ этихъ случаевъ имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности. Пути, описываемые солнечными пятнами, представляются намъ, вообще, въ видѣ эллиптическихъ кривыхъ. Следовательно плоскости этихъ путей, равно какъ и параллельная этимъ плоскостямъ плоскость солнечнаго экватора, составляютъ съ линіей зрѣнія некоторый уголъ, отличный отъ  $0^\circ$  и отъ  $90^\circ$ . Но такъ какъ наблюдатель вмѣстѣ съ землею движется около солнца (Часть I, глава III), то уголъ, составленный линіей зрѣнія съ плоскостью солнечнаго экватора, съ теченіемъ времени долженъ мѣняться, хотя бы эта плоскость и сохраняла, въ дѣйствительности, все время неизмѣнное положеніе относительно плоскости эклиптики. Такъ какъ, даже, плоскость солнечнаго экватора не совпадаетъ съ плоскостью эклиптики, въ которой происходитъ движеніе земли, то эта послѣдняя въ теченіи одной половины года, при своемъ движеніи около солнца, находится надъ плоскостью солнечнаго экватора, а въ теченіе другой — подъ этой плоскостью, и только два раза въ году она проходитъ черезъ эту плоскость. Въ эти то моменты пути, описываемые солнечными пятнами и должны

представляются намъ въ видѣ прямыхъ линий, и такъ какъ это случается, какъ мы видѣли, 10-го июня и 10-го декабря, когда гелиоцентрическая (Часть I, § 79) долгота земли составляетъ  $260^\circ$  и  $80^\circ$ , то этими же долготами определяется также положение линии узловъ (Часть I, § 80) солнечнаго экватора, иначе говоря, положение линии, по которой плоскость солнечнаго экватора пересекается съ плоскостью эклиптики. Зная же положение линии пересѣченія обѣихъ этихъ плоскостей, мы можемъ, съ помощью вѣроятныхъ геометрическихъ соображеній, опредѣлять также уголъ взаимнаго наклоненія этихъ плоскостей. Ясно, что для этой цѣли наиболее пригодны февральскія и августовскія наблюденія надъ солнечными пятнами, такъ какъ въ февраль и въ августъ криволинейные пути пятенъ имѣютъ наибольшую кривизну. Такимъ образомъ было найдено, что долгота восточнаго узла плоскости солнечнаго экватора относительно плоскости эклиптики равняется  $80^\circ$ , а взаимное наклоненіе этихъ двухъ плоскостей составляетъ  $7^\circ$ . Этими вполне опредѣляется положеніе солнечнаго экватора въ пространствѣ.

Намъ остается еще найти продолжительность того промежутка, въ теченіе котораго солнце совершаетъ полный оборотъ около оси.

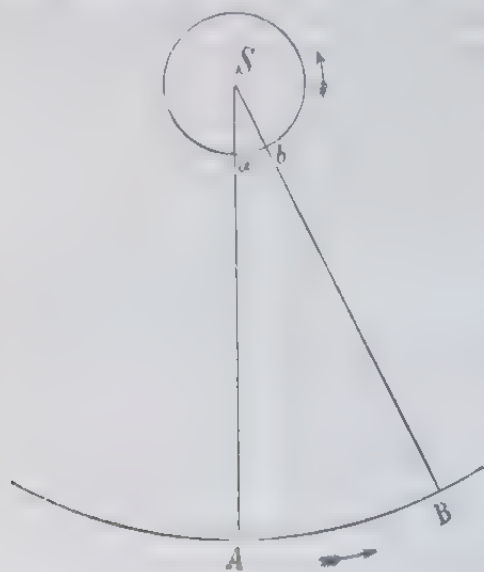


Рис. 88.

Выше было упомянуто, что приблизительно черезъ 27 дней пятна занимаютъ прежнее положеніе на солнечной поверхности. Но этотъ промежутокъ не представляетъ еще истиннаго времени вращенія солнца. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ земля, вслѣдствіе своего годичнаго движенія, совершающагося въ томъ-же направленіи, въ какомъ происходитъ и вращеніе солнца, проходитъ въ 27 дней дугу  $AB$ , равную приблизительно  $27^\circ$  (рис. 88), то въ этотъ промежутокъ времени пятно  $a$ , которое вначалѣ, когда земля была въ точкѣ  $A$ , казалось наблюдателю находящимся въ центрѣ солнечнаго диска, не только опишетъ на поверхности солнца полную окружность, но еще, сверхъ того, пройдетъ дугу въ  $27^\circ$  и займетъ положеніе  $b$ ; наблюдателю же, перемѣстившемуся въ точку  $B$ , будетъ ка-

заться, что оно снова находится въ центрѣ солнечнаго диска. Такимъ образомъ, обозначая буквой  $x$  промежутокъ, въ теченіе котораго солнце совершаетъ полный оборотъ около оси, мы для опредѣленія этого промежутка должны составить слѣдующую пропорцію

$$387^\circ : 360^\circ = 27 \text{ дней} : x \text{ дней.}$$

Отсюда слѣдуетъ, что время вращенія солнца приблизительно равно 25 днямъ.

§ 18. Собственное движеніе пятенъ. Впрочемъ, мы должны замѣтить, что какъ положеніе солнечнаго экватора, такъ и время вращенія солнца до сихъ поръ еще нельзя считать съ достаточною точностью, такъ какъ солнечныя пятна, помимо того, что они мѣняются по виду, имѣютъ еще значительное собственное движеніе, совершающееся по нѣкоторому опредѣленному закону. Такъ, уже Шейнеръ, а послѣ него Гевелій, Зильбершладъ, Шредеръ, Бемъ и другіе указывали на то, что пятна, находящіяся вблизи экватора, имѣютъ для солнца болѣе короткое время вращенія, чѣмъ пятна, наблюдаемыя въ болѣе высокихъ широтахъ. Однако наблюденія этихъ лицъ вскорѣ были совершенно забыты, такъ чѣмъ прежде, вообще, полагали, что солнечныя пятна могутъ обладать только неравными долготами. Надлежащее же вниманіе было обращено на это замѣчательно

изменіе лишь тогда, когда Петерсъ и вскорѣ послѣ него Каррингтонъ, на основаніи своихъ наблюденій, снова показали, что различныя зоны солнечной поверхности вращаются неодинаковымъ образомъ. Вскорѣ также обработка другихъ наблюденій блестящимъ образомъ подтвердила это открытіе. Именно, Шпереръ, занявшись обстоятельнымъ изслѣдованіемъ движенія солнечныхъ пятенъ на основаніи египетскихъ 11-лѣтнихъ наблюденій (1861—1871), пришелъ къ результату, что угловая суточная скорость вращенія пятна, которую мы обозначимъ буквой  $\xi$ , выражается слѣдующей простой формулой:

$$\xi = 8,548^{\circ} + 5,798^{\circ} \cos b,$$

гдѣ  $b$  есть географическая широта пятна. Почти тождественную съ этой формулу получилъ Петерсъ на основаніи своихъ наблюденій, которыя онъ производилъ въ 1845 и 1846 годахъ. Формула Петерса имѣетъ такой видъ:

$$\xi = 8,582^{\circ} + 5,912^{\circ} \cos b.$$

Фай изъ наблюденій Каррингтона вывелъ нѣсколько другую формулу, а именно:

$$\xi = 11,672^{\circ} + 2,622^{\circ} \cos^2 b.$$

Надо замѣтить, что Фай прѣварительно ввелъ въ наблюденія нѣкоторыя поправки. Впрочемъ, его формула для точекъ, лежащихъ на солнечномъ экваторѣ, даетъ приблизительно тоже самое время вращенія, какъ и обѣ предыдущія формулы, но мѣръ же приближенія точекъ солнечной поверхности къ полюсамъ, продолжительность ихъ періода вращенія, по формулѣ Фая, уменьшается гораздо меньше, чѣмъ по другимъ формуламъ.

На основаніи вышеприведенной формулы Шперера вычислена нижеслѣдующая таблица, дающая суточные угловыя скорости, а также времена вращенія точекъ солнечной поверхности, лежащихъ подъ различными географическими широтами.

Географиче- ская широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дни.	Географиче- ская широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дни.
0°	14,346°	25,09	25°	13,803°	26,08
5	14,324	25,13	30	13,569	26,53
10	14,258	25,25	35	13,297	27,07
15	14,148	25,44	40	12,989	27,72
20	13,996	25,72			

Числа этой таблицы относятся одинаково къ точкамъ какъ сѣвернаго, такъ и южнаго полушарія солнечной поверхности. Хотя эта таблица охватываетъ только тѣ зоны, въ которыхъ обыкновенно наблюдаются солнечныя пятна, однако, увеличеніе продолжительности періода вращенія съ возрастаніемъ географической широты простирается также и за предѣлы этихъ зонъ, какъ это вытекаетъ изъ наблюденій надъ такими пятнами, которыя нѣрѣдка появляются подъ большими географическими широтами. Такъ, напр., группа пятенъ, которую Петерсъ наблюдалъ въ июль 1846 года подъ 51° сѣверной широты, даетъ для времени вращенія солнца 28,25 дней.

Солнечныя пятна очень часто имѣютъ, помимо вышеописанныхъ правильныхъ, еще весьма значительныя неправильныя движенія, что нѣрѣдко можетъ быть легко замѣчено по близкому общаго виду двухъ рядомъ лежащихъ пятенъ. По изслѣдованіямъ Секки и Шперера, такія неправильныя движенія часто наблюдаются тогда, когда пятна испытываютъ сильныя измѣненія въ формѣ, и особенно значительными бывають эти движенія во время образованія пятна или группы пятенъ, а также при ихъ разложеніи и исчезновеніи. Шпереру мы, кромѣ того, обязаны еще интереснымъ открытіемъ, состоящимъ въ томъ, что собственное движеніе пятенъ въ теченіе уже извѣстнаго намъ 11-лѣтняго промежутка времени, повидимому, періодически мѣняется. Такъ, напр., въ 1866 году, который предшествовалъ эпохѣ наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, вовсе нельзя было вывести изъ наблюденій зависимости угловыхъ скоростей вращенія отъ географической широты.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ выше движеній, которыя происходятъ приблизительно по окружностямъ, параллельнымъ солнечному экватору, пятна имѣютъ также движенія по широтѣ; однако до сихъ поръ еще не удалось окончательно установить законы, по которымъ такія движенія совершаются. Повидимому, пятна, лежащія вблизи солнечнаго экватора, то приближаются къ нему, то удаляются отъ него, между тѣмъ какъ пятна, образующіяся въ высшихъ широтахъ, почти все безъ исключенія выказываютъ стремленіе приближаться къ полюсамъ. Впрочемъ, движенія пятенъ по широтѣ обыкновенно бываютъ весьма незначительны.

До сихъ поръ рѣчь шла о поступательныхъ движеніяхъ пятенъ; однако слѣдуетъ замѣтить, что въ некоторыхъ, правда, весьма рѣдкихъ случаяхъ было замѣчено несомнѣнное

вращеніе пятна. Наиболее замѣчательный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ пятно, которое Довесъ наблюдалъ отъ 17 до 23 января 1852 года. Въ этотъ промежутокъ времени пятно, не измѣнившись въ формѣ, повернулось на  $180^\circ$  около небольшого чернаго ядра (рис. 89 и 90). Такое-же вращеніе пятенъ, хотя и на меньшей уголъ, неоднократно наблюдалъ Фламмаріонъ въ юль и августѣ 1894 года. Иногда въ



Рис. 89.

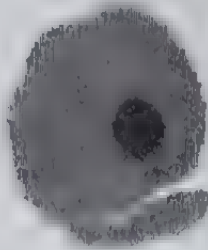


Рис. 90.

этомъ вращеніи принимала участіе также и полутѣнь пятна. Какъ вращеніе пятенъ, такъ и ихъ спиральное строеніе (§ 13) указываютъ на существованіе вихревыхъ движеній въ той области солнечной поверхности, гдѣ образуются пятна.

#### § 19. Опредѣленіе вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ.

Въ предыдущемъ параграфѣ мы видѣли, что изъ наблюденій надъ пятнами для различныхъ точекъ солнечной поверхности получаются различныя времена вращенія, мѣняющіяся по известному закону въ зависимости отъ гелиографической широты точекъ. Этотъ результатъ настолько важенъ и интересенъ, что является весьма желательнымъ проверить его, если возможно, какимъ-нибудь другимъ способомъ. Оказывается, что въ этомъ отношеніи большую пользу можетъ намъ принести изслѣдованіе солнечнаго спектра. Но предварительно мы должны познакомить нашихъ читателей съ такъ называемымъ принципомъ Доплера.

Доплеръ первый указалъ на то, что если источникъ свѣта быстро удаляется отъ насъ или же приближается къ намъ, то, вслѣдствіе такого его движенія по лучу зрѣнія, длина свѣтовыхъ волнъ для нашего глаза въ первомъ случаѣ увеличивается, а во второмъ уменьшается. Но известно, что длиною свѣтовыхъ волнъ обуславливается цвѣтъ (§ 5). Вслѣдствіе этого, при удаленіи источника свѣта, его цвѣтъ долженъ болѣе приближаться къ красному, а при движеніи къ намъ къ фиолетовому. Но что сказано выше о цвѣтѣ, то относится, конечно, также и къ спектральнымъ линіямъ: при приближеніи къ намъ свѣтящагося предмета, эти линіи должны смѣщаться къ фиолетовому концу спектра, а при удаленіи отъ насъ, наоборотъ,—къ красному.

\* Въ этомъ и заключается принципъ Доплера. Этотъ принципъ относится не только къ свѣтовому, но также и къ звуковому источнику, находящемуся въ движеніи. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, какъ все въ извѣстномъ мѣняется высота тона звука. Свой принципъ Доплеръ опубликовалъ въ 1842 году. Вскорѣ затѣмъ, въ примѣненіи къ свѣту, этотъ принципъ болѣе подробно былъ разработанъ знаменитымъ физикомъ Физо, вслѣдствіе чего онъ часто называется принципомъ Доплера-Физо. Теоретически, при помощи



высшей математики, этот принцип был доказан Кегелеромъ. Но некоторые ученые старались убедиться въ справедливости этого принципа опытнымъ путемъ. Известны многие удачные опыты, блестящимъ образомъ подтвердившие принципъ Доплера въ примененіи къ звуковымъ волнамъ. Достаточно упомянуть о произведенныхъ въ 1845 году знаменитыхъ опытахъ съ движущимся локомотивомъ, на которомъ помещались музыканты съ духовыми инструментами. Въ разныхъ мѣстахъ на пути помещались другіе музыканты, которые сравнивали звуки, раздававшіеся съ локомотива, со звуками своихъ инструментовъ. При этомъ получались результаты, вообще согласные съ вычислениями на основаніи принципа Доплера. Въ опытахъ же со свѣтомъ долгое время не удавалось получить результатовъ, даже ка-

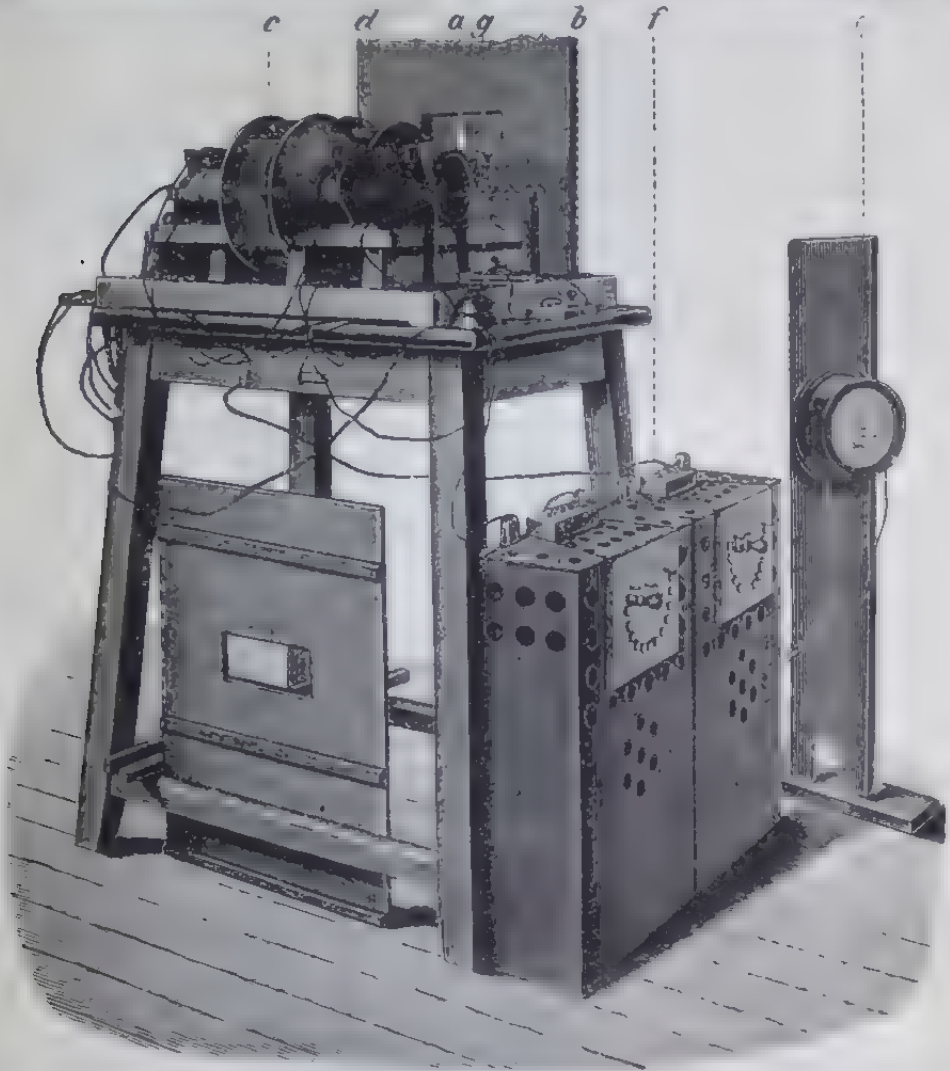


Рис. 91.

чественно подтверждавшихъ этотъ принципъ. Какъ на главную причину такой неудачи слѣдуетъ указать на огромную скорость свѣта (Часть I, § 46), въ сравненіи съ которой всѣя другія скорости представляются почти исчезающими. Впрочемъ, послѣ 1876 года, принципъ Доплера было неоднократно проверяемъ на основаніи спектральнаго изслѣдованія движеній небесныхъ тѣлъ, и въ этомъ отношеніи на первомъ планѣ стоитъ опредѣленіе вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ, о чемъ подробно будетъ сказано ниже, въ этомъ-же параграфѣ.

Но во всякомъ случаѣ было весьма желательно произвести опыты на землѣ съ несочетанными свѣта, обладающими завѣдомо извѣстной скоростью. Для этого, конечно, можно было бы воспользоваться вращеніемъ земли. Линейная скорость вращенія точекъ земного экватора составляетъ 460 метровъ въ секунду (Часть I, § 31), и еслибы мы могли сфотографировать спектры какого-нибудь свѣтила—однѣй разъ при его восходѣ, когда наблюдатель, вѣдствие вращенія земли, движется прямо на свѣтило, другой разъ при его заходѣ, когда наблюдатель движется опять по лучу зрѣнія, но только удаляясь отъ свѣтила, то черезъ сравненіе этихъ спектровъ мы опредѣлили бы двойное смѣщеніе линій обусловленное движеніемъ наблюдателя, или, что сводится къ тому-же, движеніемъ источника свѣта по лучу зрѣнія со скоростью 460 метровъ въ секунду. Однако на практикѣ такого рода наблюденія сопряжены со многими неудобствами и вѣдствие этого трудно исполнимы.

Поэтому, особенно вниманія заслуживаетъ весьма остроумный способъ, предложенный астрономомъ Пулковской Обсерваторіи А. А. Белопольскимъ для проверкы принятія Доплера безъ помощи наблюденій небесныхъ тѣлъ. Для этой цѣли онъ построилъ приборъ, изображенный на рисункѣ 91 и состоящій изъ двухъ колесъ  $c$  и  $d$ , изъ которыхъ каждое снабжено нѣсколькими плоскими зеркалами. Колеса быстро вращаются въ разныя стороны, и при извѣстныхъ ихъ положеніяхъ два изъ зеркалъ, принадлежащихъ разнымъ колесамъ, движется, на весьма короткій промежутокъ времени, взаимно параллельными. Колеса съ зеркалами расположены такъ, что пропущенный черезъ щель  $a$  узкій лучъ свѣта, или, солнечный лучъ, направленный на эту щель при помощи особаго прибора, называемаго теліостатомъ (Часть IV), пройдя мимо перваго колеса  $d$ , падаетъ, почти по перпендикулярному направленію, на одно изъ зеркалъ втораго колеса  $c$ , этимъ зеркаломъ отражается на соответственное зеркало перваго колеса, затѣмъ опять идетъ ко второму колесу  $d$ , наконецъ, послѣ такого многократнаго отраженія отъ параллельныхъ зеркалъ, падаетъ, минуя второе колесо, въ щель спектрографа (Часть IV), т. е. прибора, служащаго для фотографированія спектровъ, пройдя предварительно еще черезъ узкое отверстіе, сдѣланное въ щитѣ, который на рисункѣ 91 изображенъ находящимся подъ столомъ. Вѣдствие многократнаго отраженія луча свѣта отъ движущихся такимъ образомъ зеркалъ длина свѣговой волны измѣняется уже на замѣтную величину.

Спектрографъ изображенъ отдѣльно на рисункѣ 92. Щель спектрографа находится на разстояніи одного метра отъ колесъ съ зеркалами. Передъ щелью, на разстояніи нѣсколькихъ сантиметровъ, находится на отдѣльномъ штифтѣ затворъ, позволяющій открывать любую половину щели верхнюю или нижнюю. Между приборомъ съ колесами и этимъ затворомъ помѣщается стекло, собирающее лучи свѣта. Пройдя черезъ щель спектрографа, лучъ свѣта направляется къ коробкѣ съ призмами, гдѣ онъ и разлагается на составные цвѣтные лучи, дѣйствующие уже на фотографическую пластинку. При помощи особой контрольной трубки можно слѣдить за яркостью отраженнаго отъ зеркалъ свѣта до его вступленія въ призмы спектрографа.

Опытъ съ описаннымъ выше приборомъ распадается на двѣ части. Сначала открывается верхняя половина щели спектрографа, и колеса приводятся во вращеніе такъ, чтобы зеркала двигались на встрѣчу другъ другу. Послѣ нѣкоторой экспозиціи колеса останавливаются, и первая половина опыта этимъ заканчивается. Послѣ этого, закрывъ верхнюю половину щели спектрографа, пропускаютъ лучъ свѣта черезъ нижнюю ея половину и, пользуясь коммутаторами  $b$  и  $g$  (рис. 91), заставляютъ колеса вращаться въ обратную сторону, т. е. такъ, чтобы зеркала при движеніи расходились. Вѣдствие этого, на одной и той же фотографической пластинкѣ получается два спектра; линіи одного изъ нихъ, въ зависимости отъ направленія движенія, смѣщены къ одному концу спектра (напр., красному), а линіи другаго на такую-же величину — къ другому. При этомъ, конечно, предполагается, что скорости вращенія въ обоихъ случаяхъ были одинаковыми. Такимъ образомъ,

относительное смещение спектральных линий въ этихъ двухъ спектрахъ равно двойному смещению, соответствующему скорости движениа зеркаль. Замѣнимъ, что на той-же самой

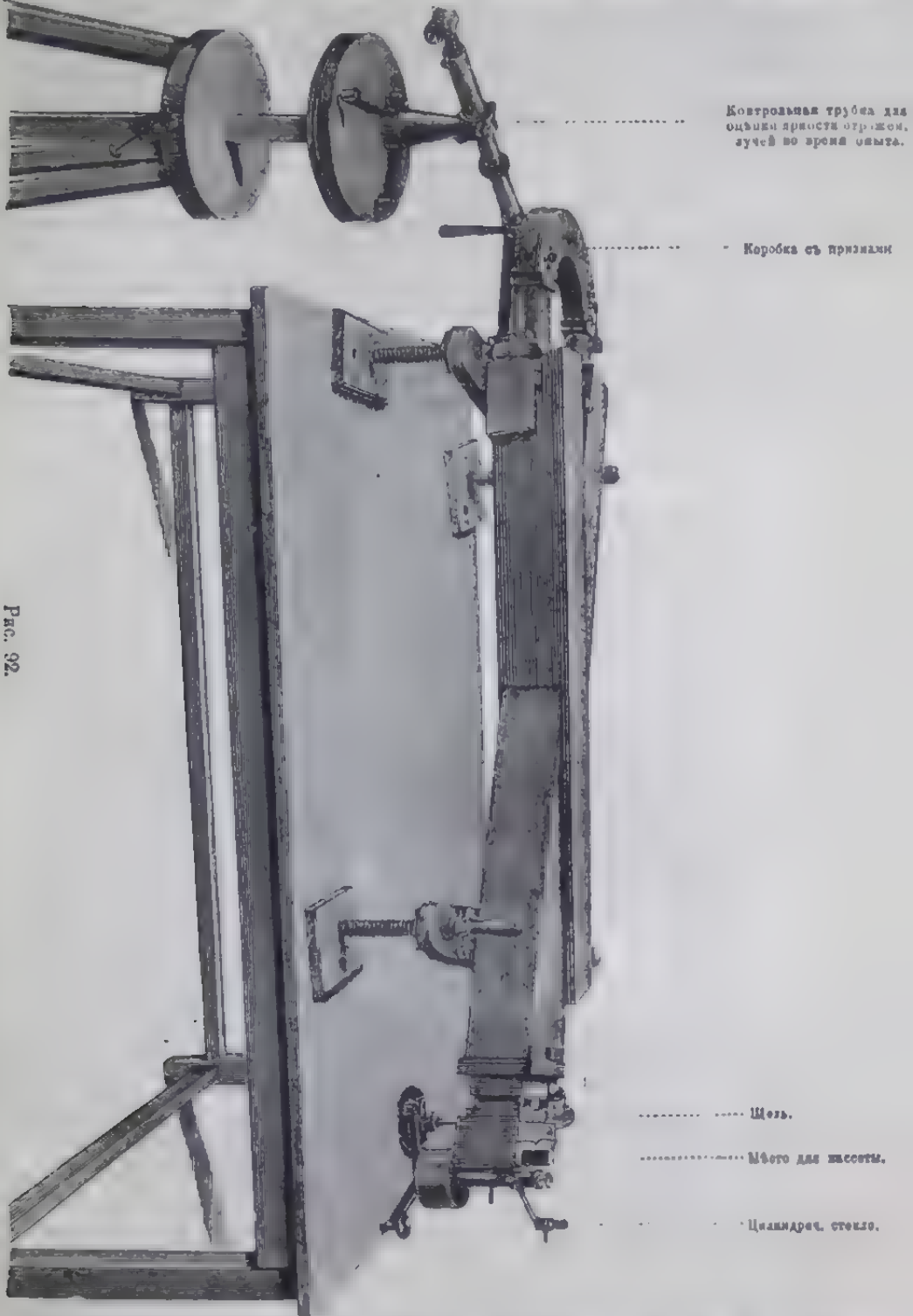


Рис. 92.

пластинкѣ фотографируется также спектр, получающійся при условіи неподвижности зеркаль. Это необходимо, между прочимъ, для сужденія о томъ, не произошло ли ка-

ких-нибудь смещений въ спектрографѣ во время опыта. Само собой разумеется, что вышеописанный приборъ снабженъ особымъ приспособленіемъ для опредѣленія числа оборотовъ, совершаемыхъ колесами *c* и *d* въ теченіе секунды.

Результаты, полученные Бѣлопольскимъ при первыхъ опытахъ съ этимъ приборомъ, оказались вполне удовлетворительными. Именно, въ среднемъ, скорость движенія, выведенная изъ смѣщенія спектральныхъ линий и равная приблизительно 0,7 километра въ секунду, отличается, въ его опытахъ, отъ скорости, вычисленной по известному числу оборотовъ колесъ, не болѣе какъ на 0,1 километра.

Такимъ образомъ, въ настоящее время справедливость принципа Доплера - Физо, также и въ примененіи къ свѣту, проверена опытнымъ путемъ и притомъ независимо отъ наблюденія небесныхъ тѣлъ.

Познакомившись съ принципомъ Доплера - Физо, мы можемъ теперь перейти къ вопросу объ опредѣленіи вращенія солнца по смѣщенію линий въ солнечномъ спектрѣ. \*

Вслѣдствіе вращенія солнца около оси съ востока на западъ любая точка восточнаго края солнечнаго диска движется по лучу зрѣнія прямо на насъ, всякая же точка западнаго края, наоборотъ, отъ насъ. Поэтому, направляя спектроскопъ одинъ разъ на восточный край солнечнаго диска, а другой разъ на западный, мы должны замѣтить въ спектрѣ смѣщеніе спектральныхъ линий — въ первомъ случаѣ къ фіолетовому концу, во второмъ къ красному.

Принимая близкое къ истинѣ допущеніе, что солнце совершаетъ полный оборотъ около оси въ 25 дней, мы получаемъ для линейной скорости вращенія на солнечномъ экваторѣ всего только 2 километра въ секунду, т. е. величину, весьма малую въ сравненіи со скоростью свѣта. Слѣдовательно, и смѣщеніе линий въ спектрѣ должно быть также весьма незначительнымъ. Но, несмотря на это, мы можемъ при помощи нашихъ весьма чувствительныхъ спектральныхъ аппаратовъ не только замѣтить такое смѣщеніе, но и измѣрить его величину.

\* Уже въ 1871 году Фогель и Лозе, при помощи спектроскопа Цельнера, приспособленнаго для наблюденій весьма малыхъ смѣщеній спектральныхъ линий, замѣтили, что вращеніе солнца оказываетъ вліяніе на положеніе линий въ солнечномъ спектрѣ. Точныя же измѣренія смѣщеній этихъ линий были произведены только послѣ 1876 года Юнгомъ, Ланглеємъ, Корню и Толлономъ; эти измѣренія дали для скорости вращенія солнца 2,3 километра въ секунду. \*

Въ 1887—1889 годахъ весьма большой рядъ соответственныхъ наблюденій солнечнаго спектра произвелъ Дунеръ, который такимъ образомъ опредѣлялъ вращеніе солнца съ огромною точностью. По смѣщенію линий въ солнечномъ спектрѣ онъ получилъ для суточной угловой скорости вращенія подъ различными географическими широтами величины, данныя во второмъ столбцѣ нижеслѣдующей таблички. Числа третьяго столбца этой таблицы представляютъ времена вращенія различныхъ точекъ солнечной поверхности, вычисленные на основаніи упомянутыхъ скоростей.

Географическая широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.	Географическая широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.
0,4°	14,14°	25,46	45,0°	11,99°	30,02
15,0	13,66	26,35	60,0	10,62	33,90
30,0	13,06	27,56	74,8	9,34	38,54

Полученные Дунеромъ результаты вполне подтверждаютъ выведенный изъ наблюденій надъ этими законъ, по которому скорость вращенія верхнихъ слоевъ солнечной поверхности постепенно уменьшается при переходѣ отъ экватора къ полюсамъ. Эти измѣ-

доянія солнечнаго спектра особенно важны по тому, что, благодаря имъ, упомянутый законъ вращения удалось распространить также и на такія зоны солнечной поверхности, гдѣ до сихъ поръ еще никогда не приходилось наблюдать пятенъ.

Спектральныя наблюденія, повидимому, даютъ нѣсколько меньшую скорость вращения, чѣмъ наблюденія пятенъ; впрочемъ эта разность едва ли больше тѣхъ величинъ, на которыя могутъ быть невѣры вышеприведенныя числа. Но крайней мѣрѣ Дунеру удалось одной и той же формулой удовлетворить, въ предѣлахъ ошибокъ наблюденій, не только своимъ собственнымъ наблюденіямъ, но также и тѣмъ результатамъ, которые получаются по вышеприведеннымъ формуламъ Шперера, Петерса и Фая (§ 18). Формула Дунера имѣетъ видъ:

$$\xi = 8,596^\circ + 5,574^\circ \cos (b - 7,8).$$

Зависимость времени вращения отъ географической широты указываетъ на существованіе постоянныхъ теченій въ солнечной фотосферѣ (§ 10). Поэтому мы до тѣхъ поръ не будемъ въ состояніи съ достаточною точностью опредѣлить такъ называемые элементы вращения центральнаго тѣла нашей планетной системы, пока намъ не будетъ извѣстно что нибудь болѣе опредѣленное относительно этихъ теченій. Но такъ какъ и по настоящее время мы знаемъ объ нихъ очень мало, то, вѣдѣние этого, неоднократно дѣлались попытки опредѣлить время вращения солнца около оси косвеннымъ путемъ. Впрочемъ ниже (§ 22) мы подробно разсмотримъ этотъ вопросъ.

§ 20. **Открытіе пятенъ.** Солнечныя пятна уже были извѣстны перуанцамъ еще во времена инковъ; точно также до насъ дошелъ цѣлый рядъ наблюденій надъ солнечными пятнами, произведенныхъ въ Китаѣ и относящихся къ 188 году послѣ Р. Хр. Но если оставить въ сторонѣ эти наблюденія, о которыхъ мы узнали только благодаря извѣдываемымъ, произведеннымъ въ новѣйшее время, то оказывается, что солнечныя пятна были открыты четырьмя лицами почти одновременно и притомъ независимо другъ отъ друга, а именно: Галилеемъ, Фабриціусомъ, Шейнеромъ и англичаниномъ Харріотомъ, весьма цѣнныя наблюденія котораго долгое время оставались неизвѣстными на материкѣ. Нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что честь этого открытія осаривалась столькими лицами. Въ самомъ дѣлѣ, мы видѣли выше (§ 12), что солнечныя пятна значительныхъ размѣровъ никоимъ образомъ не принадлежатъ къ числу рѣдкихъ явленій, и вѣдѣние этого всякій, кому пришла бы мысль направить зрительную трубу на солнце, долженъ былъ въ болѣе или менѣе короткое время наткнуться на это открытіе.

Первое сочиненіе, которое появилось объ этомъ предметѣ, это — книга Гюльиана Фабриціуса, озаглавленная: «Narratio de maculis in sole observatis, 1611». По этому, по общепринятому мнѣнію, за нимъ и признается приоритетъ. Въ этомъ сочиненіи Фабриціусъ разсказываетъ, что онъ въ 1610 году въ одно декабрьское утро замѣтилъ на солнцѣ черное пятно, которое онъ вначалѣ счелъ за облако. Но такъ какъ это пятно проектировалось на то же самое мѣсто солнечнаго диска и при вторичномъ наблюденіи, которое Фабриціусъ сдѣлалъ гнчасъ вѣдѣ за первымъ, воспользовались для этого другой зрительной трубой, то онъ сталъ сомнѣваться въ томъ, чтобы это пятно могло быть облакомъ. Вскорѣ послѣ этого солнце поднялось на небѣ слишкомъ высоко, чтобы можно было продолжать наблюденія, не опасаясь повредить себѣ глаза \*). Въ сильномъ волненіи провелъ онъ слѣдующую ночь, такъ какъ все еще не могъ отбѣлаться отъ подозрѣнія, что это было только облако, случайно проходившее мимо солнечнаго диска. Тѣмъ болѣе была его радость, когда онъ на слѣдующее утро увидѣлъ опять это пятно и приблизительно въ томъ же самомъ мѣстѣ.

\*) Въ тѣ времена при наблюденіяхъ солнца въ зрительную трубу еще не привинчивали къ окуляру цвѣтныхъ стеклъ для предохраненія глаза отъ порчи, какъ это дѣлаютъ теперь (§ 10), хотя при наблюденіяхъ невооруженнымъ глазомъ такія стекла уже давно служили для

солнечного диска. Тогда он пропустил солнечные лучи через небольшое отверстие оконного ставня в темную комнату и на их пути поместил белый экран, на котором таким образом получилось изображение солнца, так что он мог наблюдать открытое пятно в течение целого дня. Он скоро замечал, что пятно медленно движется от восточного края солнечного диска к западному. В следующие дни на солнце появилось еще несколько пятен, и все они двигались подобным же образом. Несколько времени спустя, первое пятно исчезло на западном крае солнца, но приблизительно через две недели оно снова появилось на его восточном крае. Отсюда он заключил, что пятна вращаются около центра солнца. Радость его по поводу этого открытия была несколько омрачена, когда он замечал, что вид пятен стал меняться, и оно,

указанной цели. Так, мы знаем, что Д. Фабрициус, отец И. Фабрициуса, наблюдал в 1590 году затмение солнца через цветное стекло, и что еще за 50 лет до него Англичане упоминали о таких стеклах. Точно также Грюйенс при своих наблюдениях солнца пользовался стеклом, законченным с одной стороны; это стекло он покрывал другим, чтобы при прикосновении руками к законченной стороне перизоста не пошла сажа. Весьма удобен также способ наблюдений, все более и более распространяющийся в последнее время и состоящий в том, что изображение солнца, полученное при помощи зрительной

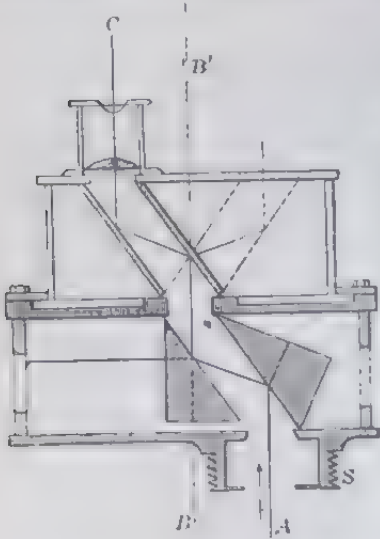


Рис. 93.

трубы, проектируют на экран (§ 13). Хотя при этом весьма ясно выступают на экран факелы, тем не менее этот способ не пригоден в тех случаях, когда желательно изучить весьма мелкие подробности в строении пятен. Такое изучение оказывается возможным только при непосредственном разглядывании солнечных пятен с помощью зрительной трубы, обладающей сильным увеличением, для чего объектив трубы должен иметь значительные размеры. Но вследствие этого нагревание предохранительного цветного стекла, привинчиваемого к окуляру, может быть настолько велико, что оно нередко ломается, и вообще, продолжительное разглядывание поверхности солнца, необходимое для изучения подробностей в строении пятен, становится небезопасным. Поэтому-то в новейшее время при наблюдениях солнца весьма часто помещают между объективом и окуляром трубы поляризационный приборчик, и такое приспособление, называемое гелиоскопическим окуляром (рис. 93), теперь входит все более и более во всеобщее употребление. \* В таком окуляре луч света А, дважды отраженный от плоских поверхностей призмы, помещаемых в нижней коробке,

сделается вполне поляризованным (§ 6) и после этого падает на систему двух зеркал, находящихся в верхней коробке. Если верхняя пара зеркал занимает одно из двух положений, указанных на рисунке 93 (второе положение отмечено пунктирной линией), то в глаз С попадет настолько яркий луч света, что глаз не в состоянии выдержать этой яркости. Вращением же коробки с верхними зеркалами на четверть оборота около линии ВВ', как около оси, этот свет может быть совершенно потушен. Отсюда ясно, что повернув призму около линии ВВ' на соответственный угол, мы можем ослабить яркость солнечного света настолько, что будет возможно производить наблюдения, не пользуясь для предохранения глаза цветным стеклом. \* При помощи подобного гелиоскопического окуляра Довес замечил в 1802 году вышеупомянутый темный мифа в ядре солнечных пятен (§ 13). Шейнеръ пользовался для своих наблюдений солнца зрительной трубой, у которой объектив и окуляр были сделаны из цветного стекла. С другой стороны Фуко, в середине XIX-го столетия, предложил покрывать переднюю поверхность объектива тонким слоем серебра; вследствие этого солнечный диск представляется окрашенным в темную голубую цвет. Но само собой разумеется, что такого рода трубы, равно как и труба Шейнера, пригодны исключительно для наблюдений солнца.

достигнуть середины солнечного диска наконец совершенно печало. Несмотря на это, он вывел из своих наблюдений справедливое заключение, что солнце вращается около оси, как это утверждали уже раньше Горданъ Бруно, сожженный живымъ въ 1600 году за свои свободныя релігіозныя воззрѣнія, а послѣ него Кеплеръ.

Иезуитъ Христофоръ Шейнеръ изъ Швабіи старался принесть честь открытія солнечныхъ пятенъ себѣ. Онъ видѣлъ первое солнечное пятно въ мартѣ 1611 года въ Ингольштадтѣ, гдѣ онъ былъ профессоромъ, и даже показывалъ его своимъ слушателямъ. Извѣстіе объ этомъ распространилось, какъ онъ говоритъ, весьма быстро, и многіе изъ его друзей настаивали на томъ, чтобы онъ опубликовалъ свое открытіе. Однако онъ долгое время воздерживался отъ этого, такъ какъ это открытіе не согласовалось съ основными положеніями современной ему философіи, которая учила, что солнце есть символъ высшей чистоты, и потому на немъ не можетъ быть никакихъ пятенъ или недостатковъ. Тѣмъ не менѣе онъ, наконецъ, уже совсемъ было рѣшился обнародовать свои наблюденія; но сто удержать его землякъ, Теодоръ Бузей, который говорилъ: «я ничего не читалъ объ этомъ у Аристотеля; это не болѣе какъ воображеніе или недостатокъ твоего глаза или твоихъ стеклъ, я ты лучше всего сдѣлаешь, если оставишь это открытіе при себѣ». Не смотря на это, Шейнеръ не могъ дольше молчать и въ декабрѣ 1611 года написалъ своему другу Фельзеру, который былъ бургомистромъ въ Аулебургѣ, три письма съ извѣстіемъ о своемъ открытіи. Фельзеръ напечаталъ эти письма въ январѣ 1612 года подъ названіемъ «*Apelles post tabulam*».

По изслѣдованіямъ Пиза Галилей открылъ солнечныя пятна еще въ срединѣ 1610 года, а въ апрѣлѣ 1611 года онъ показывалъ ихъ въ Римѣ. Однако онъ ничего не опубликовалъ объ этомъ открытіи и даже не составилъ анагрммы, какъ онъ это вообще дѣлалъ при всѣхъ своихъ болѣе важныхъ открытіяхъ. Онъ выступилъ съ притязаніемъ на первенство въ этомъ открытіи только спустя много времени послѣ того, какъ были напечатаны письма Шейнера. По этому поводу между Галилеемъ и Шейнеромъ возгорѣлся сильный споръ о приоритетѣ, продолжавшійся въ теченіе многихъ лѣтъ, причемъ они обвиняли другъ друга въ плагиатѣ, но самое замѣчательное въ ихъ спорѣ это то, что они оба совершенно позабыли о Фабриціусѣ, который, безъ всякаго сомнѣнія, открылъ солнечныя пятна по крайней мѣрѣ раньше Шейнера. Но даже если допустить, что Галилей замѣтилъ пятна на солнцѣ нѣсколькими недѣлями раньше Фабриціуса, то все же за этимъ послѣднимъ, а особенно за Шейнеромъ остается величайшая слава благодаря тому, что они систематически наблюдали солнечныя пятна въ теченіе многихъ лѣтъ. Именно, Шейнеръ наблюдать солнечныя пятна непрерывно до 1627 года съ дѣлюю опредѣнить на основаніи этихъ наблюденій элементы вращенія солнца. Кромѣ того ему были извѣстны, какъ мы выше (§ 18) видѣли, правильныя собственныя движенія пятенъ, совершающіяся по опредѣленнымъ законамъ. Его наблюденія составили томъ въ 774 страницъ *in folio*. Этотъ трудъ его, озаглавленный *Rosa Ursula*, появился въ Итали въ 1630 году.

§ 21. **Связь между солнечными пятнами и другими явленіями.** Какъ какъ солнце является главнымъ источникомъ свѣта и теплоты для нашей земли, то съ собою возникаетъ вопросъ, не могутъ ли измѣненія, происходящія на поверхности солнца, оказать вліяніе на количество свѣта и теплоты, получаемыхъ нами отъ него, а следовательно это также на погоду, урожай хлѣбовъ и т. д., словомъ на все то, что находится въ прямой зависимости отъ солнечнаго свѣта и теплоты. В. Гершель объяснялъ образованіе пятенъ на солнечной поверхности бурными движеніями матеріи въ оболочкѣ, окружающей солнечное ядро, и какъ какъ излученіе свѣта и теплоты онъ рассматривалъ какъ результатъ извѣстныхъ химическихъ процессовъ, которые должны совершаться съ энергичнѣе чѣмъ сильнѣе перевороты на поверхности солнца, то онъ заключилъ, что тѣ годы, когда пятнообразовательная дѣятельность солнца достигаетъ наибольшаго или наименьшаго развитія, должны характеризоваться у насъ на землѣ соотвѣтственно болѣе высокой или болѣе низкой тем-

пературой. Такъ какъ въ его распоряженіи не было необходимыхъ для этой цѣли наблюдений надъ температурой, то онъ сравнилъ цѣны на хлѣбъ за послѣднее десятилѣтіе XVIII столѣтія въ Англии съ соответствующими цѣнами пшеницы на солицы и пшеницы, что тогда, богатые пшеницы, въ общемъ отличаются болѣе обильными жатвами, чѣмъ тогда, бѣдные пшеницы въ этомъ онъ видѣлъ подтвержденіе своего заключенія, такъ какъ, по его мнѣнію, болѣе высокая температура обусловливаетъ и болѣе богатый урожай. Однако противъ этого взгляда возстали Арато, Секки и Готье, которые полагали, что большое число пшеницы на солнечномъ дискѣ служить причиною уменьшенія количества свѣта и теплоты получаемыхъ нами отъ солнца, а этимъ, въ свою очередь, обусловливается пониженіе средней годовой температуры (Часть I, § 36) на землѣ, причемъ Секки для подтвержденія такого мнѣнія ссылается на свои собственныя наблюденія, показывающія, что пшеница, въ дѣйствительности, излучаетъ меньше теплоты, чѣмъ окружающія ея болѣе свѣтлыя части солнечной поверхности. Для доказательства и привязку къ термоэлектрической столбикъ, при помощи телескопическаго окуляра (§ 20), сначала лучи, идущіе отъ солнечнаго пятна а потомъ отъ обрамляющихъ свѣтлыхъ частей солнечной поверхности. Готье сдѣлалъ попытку подтвердить свой взглядъ также числовыми результатами именно, онъ обработалъ 11-лѣтній рядъ наблюдений, произведенныхъ на 62 метеорологическихъ станціяхъ Европы и Америки, и нашелъ, что времени наибольше слабаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца соответствовала нѣсколько болѣе высокая средняя годовая температура. Подобныя изслѣдованія снова предпринялъ Вольфъ въ 1859 году, для чего онъ сравнилъ состояніе пятнообразовательной дѣятельности солнца съ средними годовыми температурами въ Берлигѣ, при этомъ онъ нашелъ, что наблюденія XVIII столѣтія подтверждаютъ результаты, найденныя Гершелемъ а наблюденія XIX столѣтія результатъ, полученный Готье. Но во всякомъ случаѣ среднія температуры для различныхъ лѣтъ, послужившія основаніемъ для выведенныхъ имъ заключеній, отличаются одна отъ другой на такія малыя величины, что можно сомнѣваться въ реальности ихъ значенія.

Во всякомъ положеніи находится этотъ вопросъ до 1872 года, когда Мельдрумъ въ собраніи Британской Ассоціаціи въ Брайтонѣ снова обратилъ вниманіе на тотъ же самый предметъ. Именно, онъ старался доказать, что какъ въ появленіи циклоновъ въ Индическомъ океанѣ, такъ и въ количествѣ осадковъ въ тропическихъ странахъ (Часть I, § 34) существуетъ 11-лѣтній періодъ, причемъ эпохи наибольшаго и наименьшаго числа циклоновъ и той же совпадаютъ съ эпохами соответственно наибольшаго и наименьшаго числа солнечныхъ пятенъ. Вислѣдствіи Мельдрумъ пополнилъ свои изслѣдованія, распространивъ ихъ на весьма большой промежутокъ времени и принявъ во вниманіе количество осадковъ также въ нѣкоторыхъ мѣстахъ умѣреннаго пояса (Часть I, § 34). Результаты этой обширной его работы подтвердили повидимому, все его прежнія заключенія. Конечно, вѣдь послѣ того какъ были опубликованы первыя изслѣдованія Мельдрума, подвергъ обработкѣ наблюденія надъ температурой, произведенныя на весьма многочисленныхъ станціяхъ, разбросанныхъ по всей поверхности земнаго шара, и пришелъ при этомъ къ весьма интересному результату. Именно, онъ построилъ кривую солнечныхъ пятенъ и кривую температуръ для этой цѣли въ нѣкоторой произвольной прямой линіи онъ откладываетъ въ обѣихъ случаяхъ длины, пропорціональныя промежуткамъ между эпохами, избѣгаясь обрѣзомъ выбранными, а на перпендикулярахъ къ этой линіи длины, пропорціональныя въ первомъ случаѣ числу солнечныхъ пятенъ, а во второмъ — средней температурѣ соотвѣтствующей эпохи Соединяя отмѣченныя такимъ образомъ точки, онъ и получилъ вышеупомянутыя кривыя. Замѣчательно, что для промежутка времени съ 1816 года по 1854 годъ кривыя температуръ и кривыя солнечныхъ пятенъ оказались параллельными одна другой; для конца же XVIII столѣтія расположеніе обѣихъ кривыхъ получилось совершенно иное, а именно возвышенію одной изъ нихъ соответствовало углубленіе другой и наоборотъ. Чис-



побудило Вольфа снова рассмотреть свои прежніе вычисления, касающіяся этого вопроса; новыя его изслѣдованія, вообще, подтвердили результаты, найденныя имъ раньше. Но кромѣ того онъ замѣтилъ, что подобное же соотношеніе существуетъ также между числомъ солнечныхъ пятенъ и количествомъ осадковъ на землѣ. Именно, съ 1723 года по 1766 годъ минимуму солнечныхъ пятенъ соответствовало меньшее количество осадковъ, чѣмъ максимуму, между тѣмъ какъ до 1723 года и послѣ 1766 года имѣло мѣсто обратное явленіе. Впрочемъ на основаніи изслѣдованій Вольфа оказывается, что въ тѣхъ случаяхъ, когда кривая солнечныхъ пятенъ и кривая количества осадковъ, вообще, параллельны между собою, все же существуетъ значительная разница въ подъемахъ и въ спускахъ обѣихъ кривыхъ, а именно: минимумы количества осадковъ случаются приблизительно на  $1\frac{1}{2}$  года раньше, чѣмъ минимумы солнечныхъ пятенъ, максимумы же, напротивъ того, настолько же позже.

Чтобы дать полную картину различныхъ земныхъ явленій, которыя, вообще, ставились въ связь съ 11-лѣтнимъ періодомъ пятнообразовательной дѣятельности солнца, слѣдуетъ еще упомянуть, что по изслѣдованіямъ Вольфа въ теченіе ста лѣтъ съ 1754 года по 1853 годъ въ годы, обильныя солнечными пятнами, въ Нижней Австріи винограды созрѣваютъ обыкновенно нѣсколько позже, чѣмъ въ годы, бѣдные пятнами. Далѣе Фрицъ напелъ, что періодическія варіаціи глетчеровъ, повидимому, также находятся въ связи съ числомъ солнечныхъ пятенъ. По изслѣдованіямъ Клейна число перистыхъ облаковъ увеличивается и уменьшается одновременно съ числомъ солнечныхъ пятенъ. Наконецъ, по изслѣдованіямъ Феррари, Крульса и Фая—бури, по изслѣдованіямъ Бальфура Стюарта — высота воды въ рѣкахъ и по изслѣдованіямъ Стендея Джевонса урожаи также находятся въ зависимости отъ числа солнечныхъ пятенъ.

Хотя всѣ эти изслѣдованія и не привели ни къ какимъ положительнымъ результатамъ, тѣмъ не менѣе они заслуживаютъ извѣстной доли вниманія, такъ какъ и въ другихъ наблюдаемыхъ на нашемъ земномъ шарѣ явленіяхъ замѣчена тѣсная связь съ периодичностью числа солнечныхъ пятенъ. Именно, въ 1852 году Сэбиелъ, Готье и Вольфъ, почти одновременно и притомъ независимо другъ отъ друга, нашли, что въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ наблюдается тотъ же самый 11-лѣтній періодъ, какъ и въ измѣненіяхъ числа солнечныхъ пятенъ, и что не только продолжительности обохъ этихъ періодовъ равны между собою, но что также наибольшія отклоненія магнитныхъ элементовъ въ ту и другую сторону отъ ихъ среднихъ величинъ имѣютъ мѣсто въ эпохи наибольшаго и наименьшаго числа солнечныхъ пятенъ. Но чтобы строго доказать существованіе связи между двумя этими явленіями, необходимо было убѣдиться въ томъ, что замѣченное названными учеными соответствіе не есть дѣло простого случая, но что подобная же зависимость имѣла мѣсто и всегда. Эта работа оказалась весьма трудной вследствие недостатка подходящаго для такой цѣли матеріала. Тѣмъ не менѣе Вольфъ съ полной очевидностью показалъ, что въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ всегда существовалъ 11-лѣтній періодъ, и что, кромѣ того, каждый бурный переворотъ на поверхности солнца обыкновенно сопровождался возмущеніемъ магнитныхъ элементовъ на землѣ. Вольфъ распространилъ свои изслѣдованія также и на сѣверныя сиянія и въ этихъ явленіяхъ тоже подымалъ 11-лѣтній періодъ, вполне соответствующій періоду измѣненій числа пятенъ.

Новое изслѣдованіе того же самаго предмета предпринялъ въ 1892 году Лицнаръ который обработалъ наблюденія отдѣльныхъ магнитныхъ элементовъ, произведенныя на обсерваторіяхъ въ Петербургѣ и Павловскѣ и охватывающія промежутокъ времени съ 1870 по 1883 годъ. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно что магнитная стрѣлка, служащая для опредѣленія склошенія, въ промежутокъ времени отъ эпохи наибольшаго числа пятенъ до слѣдующей эпохи наименьшаго ихъ числа перегибается постоянно къ востоку; начиная же съ этой послѣдней эпохи до слѣдующей эпохи

наибольшего развития пятнообразовательной деятельности солнца перевижение стрѣлки совершается по направлению къ западу. Что же касается наклона магнитной стрѣлки, то около времени наибольшего числа пятен оно достигало наибольшей своей величины, а въ эпоху наиболѣе слабого развития пятнообразовательной деятельности солнца — наименьшей.

Неоднократно также замѣчали, что образование новой группы пятен и быстрые изменения формы уже существующаго пятна сопровождалось сильными магнитными бурями. Такого случая наблюдали, между прочимъ, въ апрѣлѣ 1882 года. Имено, 11 апрѣля на восточномъ краю солнечнаго диска появилась большая группа пятен, впереди которой двѣглась другая, обладавшая вначалѣ гораздо меньшими размѣрами. На фотографическихъ снимкахъ, полученныхъ на астрономической обсерваторіи въ Гринвичѣ, были измѣрены площади, занимаемыя этими группами въ различные дни въ промежуткѣ отъ 14 до 23 апрѣля. Эти площади, выраженные въ миллионахъ квадратныхъ километровъ, даны въ нижеслѣдующей табличкѣ. Для болѣе яснаго представления о громадныхъ размѣрахъ этихъ группъ пятен считаемъ необходимымъ напомнить, что поверхность всего земнаго шара составляетъ только 511 миллионъ квадратныхъ километровъ.

Предшествующая группа.			Послѣдующая группа.	
1882 г.	Ядро.	Вся группа.	Ядро.	Вся группа.
Апрѣля 14	121	816	1060	6700
» 16	73	471	722	6301
» 17	616	2658	1186	5981
» 18	737	4138	1405	6132
» 20	888	5476	1027	5788
» 21	1329	7129	1290	6359
» 23	505	3184	807	5395

Числа этой таблички показываютъ, что три сравнительно небольшихъ измѣненія размѣровъ послѣдующей группы, въ группѣ, идущей впереди, произвели весьма сильныя перемены въ промежутокъ времени съ 16 по 18 апрѣля вторичное значительное увеличеніе ея размѣровъ произошло съ 20 на 21 апрѣля. Соответственно этому, при помощи магнитныхъ приборовъ наблюдались магнитныя бури одна между 16 и 17 апрѣля и другая, болѣе продолжительная, отъ 19 до 21 апрѣля.

Нечто подобное произошло также 17 ноября 1882 года, когда достигла своего наибольшаго развитія огромная группа пятен, которую можно было ясно видѣть невооруженнымъ глазомъ и которая по своимъ размѣрамъ превосходила всѣ пятна, наблюдавшіяся послѣ 1871 года.

Въ этотъ день во всей Европѣ и въ Америкѣ наступила такая магнитная буря, что можно было не приходилось и бѣгать въ течение 30 предшествующихъ лѣтъ. Эта буря сопровождалась весьма сильными свѣвыми сияніями, которое было видимо во всей Европѣ до южной оконечности Италіи и въ сѣверной Америкѣ.

Кромѣ того, также другие процессы развиваются на поверхности солнца, повидному, находясь въ связи съ магнитными явленіями на земномъ шарѣ. Такъ, напр., отношенію протуберанцевъ, о которыхъ рѣчь будетъ впереди (§ 26), также неоднократно замѣчено, что вѣроятнѣе изверженія газа на поверхности солнца сопровождается магнитными бурями на зем. Къ тому же, когда 1 сентября 1859 года образовались на поверхности солнца два огромныхъ флота (§ 23), замѣченные Каррингтономъ и Ходсеномъ, на обсерваторіи въ Китъ съ помощью магнитныхъ инструментовъ были замѣчены значительныя магнитныя возмущенія, перешедши въ теченіе слѣдующей ночи въ сильную магнитную бурю, распространяющуюся по всему земному шару. Но во всякомъ случаѣ

вельзя противъ молчаніемъ также и того обстоятельства, что неоднократно сильныя изверженія на поверхности солнца не оказывали никакого замѣтнаго вліянія на земной магнетизмъ, такъ что вышеупомянутое совпаденіе магнитныхъ бурь съ явленіями на поверхности солнца, можетъ быть, было простою случайностію.

Нѣкоторые ученые не ограничились объясненіемъ связи гѣхъ или другихъ земныхъ явленій съ солнечными пятнами, но пошли еще дальше. Такъ, напр., Секки въ 1873 г. высказалъ предположеніе, что діаметръ солнечнаго диска періодически мѣняется, и что наибольшей величины онъ достигаетъ въ эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца. Хотя изъ весьма обстоятельныхъ изслѣдованій Ауверса вытекаетъ, что тотъ матеріалъ, которымъ воспользовался Секки, былъ далеко недостаточенъ для установленія такого замѣчательнаго соотношенія, тѣмъ не менѣе Вольфъ на основаніи опредѣленій солнечнаго діамтра, произведенныхъ Маскеллиномъ, и Роза на основаніи наблюденій другихъ астрономовъ снова вывели заключеніе, что діаметръ солнечнаго диска періодически мѣняется въ теченіе 11 лѣтъ. Это побудило Ауверса въ 1886 году, въ допавненіе къ своимъ прежнимъ изслѣдованіямъ, обработать огромное число наблюденій, охватывающихъ промежутки времени въ 120 лѣтъ. Но при этомъ онъ опять пришелъ къ прежнему результату, что подобнаго рода измѣненій солнечнаго діамтра вовсе не существуетъ.

Наконецъ, періодичность числа солнечныхъ пятенъ свавилась въ зависимость также и отъ космическихъ явленій, именно отъ положенія планетъ относительно солнца. Исходнымъ пунктомъ въ этихъ изслѣдованіяхъ служило то обстоятельство, что періодъ обращенія Юпитера около солнца приблизительно равенъ продолжительности періода измѣненія числа пятенъ. Отсюда вытекала мысль, что все явленіе можетъ быть разсматриваемо какъ своего рода приливы и отливы, которые достигаютъ наибольшей или наименьшей величины въ зависимости отъ положенія различныхъ планетъ на ихъ орбитахъ. Первый высказалъ такую мысль Вольфъ, имя котораго уже неоднократно упоминалось въ предыдущемъ изложеніи. И дѣйствительно, онъ нашелъ, что кривая солнечныхъ пятенъ имѣетъ нѣсколько второстепенныхъ максимумовъ и минимумовъ, которые, повидимому, находятся въ извѣстной зависимости отъ времени обращенія Венеры, Земли и Сатурна около солнца. Отсюда онъ заключилъ, что Юпитеръ опредѣляетъ общій характеръ кривой солнечныхъ пятенъ, благодаря Сатурну получаютъ нѣкоторые измѣненія въ высотѣ и въ длинѣ волны этой кривой, а Земля и Венера обуславливаютъ второстепенные максимумы и минимумы ея. Подобныя изслѣдованія съ большими подробностями были повторены Дежю-Рю, Стюартомъ, Леви, Фридомъ, Кирквудомъ, Сельмейеромъ и другими. При этомъ Фридь въ основу своихъ изслѣдованій положилъ синодическія обращенія (Часть I, § 86) планетъ и, кромѣ того, весьма значительную роль привнесъ Меркурію, вѣдѣтвіе его близости къ солнцу и вѣдѣтвіе большаго эксцентриситета (Часть I, § 75) его орбиты. Еще большее значеніе придать дѣйствию Меркурія Кирквудъ, который, кромѣ того, ввелъ еще новое предположеніе, а именно, что нѣкоторые опредѣленные меридіаны солнечной поверхности нѣболѣе вѣль остальными доставить дѣйствию планетъ, а потому на этомъ меридіанѣ пятна образуются чаще, тѣмъ на другихъ. Допустимъ, что время вращенія этого меридіана составляетъ 24826 дней, онъ не только среднюю продолжительность періода измѣненія пятнообразовательной дѣятельности солнца, равную 11<sup>л</sup>, но также и вѣль результатъ дѣйствія Меркурія, но также и вѣль наблюдаемыя неравнолности въ продолжительности этого періода объяснить, но кривой мѣрѣ въ общихъ чертахъ, возмущающимъ дѣйствиемъ остальныхъ планетъ и особенно Венеры и Земли. Сельмейеръ, напротивъ того, не придаетъ никакого значенія Меркурію и главное участіе въ образованіи пятенъ приписываетъ тремъ планетамъ: Венерѣ, Землѣ и Юпитеру, которыя въ среднемъ каждаго 11,07 лѣтъ должны усматриваться изъ центра солнца приблизительно по направлению одной прямой

ливии. При этомъ въ теченіе цикла, равнаго 77,54 годамъ, довольно правильнымъ образомъ чередуются между собою болѣе короткій періодъ въ 10,38 лѣтъ и болѣе продолжительный, равный 12,00 годамъ. Такъ какъ всѣ эти изслѣдованія въ концѣ концовъ и привели ни къ какому положительному результату, то мы и ограничимся только этими указаниями, не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности. Но во всякомъ случаѣ послѣ всего сказаннаго въ этомъ параграфѣ является вполнѣ естественнымъ переходъ къ изложенію различныхъ косвенныхъ способовъ опредѣленія времени вращенія солнца.

§ 22. **Опредѣленіе времени вращенія солнца косвеннымъ путемъ.** Въ 1845 году Нерландеръ впервые замѣтилъ въ измѣненіяхъ средней суточной температуры Инсбрука и Парижа слѣды періода въ  $27\frac{1}{4}$  дней и объяснилъ это явленіе связью съ вращеніемъ солнца. Подобные же результаты получилъ Карлвинъ на основаніи обработки многолѣтнихъ метеорологическихъ изслѣдованій въ Миланѣ. Точно также Бейсѣ-Балло, предпринявшій обширное изслѣдованіе среднихъ температуръ въ Гаарлемѣ, Цваненбергѣ и Данцигѣ, пришелъ къ заключенію, что въ измѣненіяхъ этихъ температуръ существуетъ періодичность, обусловливаемая вращеніемъ солнца; величину періода онъ нашелъ равную 27,682 днямъ. Для объясненія этого явленія онъ допустилъ, что на различныхъ меридианахъ солнца тепловысвѣтительная способность неодинакова и что синодическое (Часть I, § 86) время вращенія меридиана, на которомъ тепловая энергія достигаетъ наибольшей величины, составляетъ 27,682 дня. Нетрудно понять, что при помощи такихъ косвенныхъ способовъ опредѣляется періодъ вращенія внутреннихъ слоевъ солнца, всей массы его, а не одной только наружной оболочки этого тѣла. Вслѣдствіи подобной же обработки были подтверждены весьма большіе ряды наблюдений надъ температурой въ различныхъ мѣстахъ земнаго шара. Такъ, напр., Фрицъ воспользовался для этой цѣли, между прочимъ, наблюденіями, произведенными какъ въ тропическихъ странахъ, такъ и на крайнемъ сѣверѣ во время зимовокъ различныхъ экспедицій. Всѣ эти изслѣдованія подтвердили результатъ, къ которому раньше пришелъ Бейсѣ-Балло. Кроме того Фрицъ, построивъ кривую солнечныхъ пятенъ для 1870 года, также и въ измѣненіяхъ числа пятенъ замѣтилъ періодъ, равный 27,697 днямъ, причемъ наибольшимъ числу пятенъ на солнцѣ соответствовали также и болѣе высокія температуры на землѣ. На основаніи этихъ изслѣдованій, допустивъ, что на томъ меридианѣ солнечной поверхности, на которомъ тепловая энергія достигаетъ наибольшей величины, также и пятнообразовательная дѣятельность солнца проявляется наиболѣе энергичнымъ образомъ онъ получилъ второе опредѣленіе синодического времени вращенія солнца. Такимъ образомъ, онъ нашелъ, что продолжительность синодического оборота солнца около оси составляетъ въ среднемъ 27,689 дней, откуда для истиннаго времени вращенія солнца около оси получается 25,74 дня.

То обстоятельство, что въ ходѣ температуры была замѣчена указанная выше періодичность, побудило въ 1871 году Горнштейна заняться изслѣдованіемъ, не существуетъ ли подобной же періодичности также въ колебаніяхъ высоты барометра, и ему, действительно, посчастливилось открыть ясные слѣды періода въ 25,82 дней въ суточныхъ колебаніяхъ барометра въ Прагѣ за 1870 годъ. Это могло быть объяснено только тѣмъ, что на земныя явленія оказываютъ неодинаковое вліяніе различные меридіаны солнечной поверхности, и потому у него опять получается возможность опредѣлить время вращенія солнца около оси. Совершенно такой же результатъ получалъ Броунъ на основаніи барометрическихъ наблюдений, произведенныхъ въ Сивгаурѣ съ 1841 г. до 1845 года. Его вычисленія для продолжительности періода дали 25,83 дней. Такимъ образомъ, на основаніи суточныхъ колебаній высоты барометра истинное время вращенія солнца получается равнымъ 24,12 днямъ. Само собой разумѣется, что при этомъ предполагается, что тотъ меридіанъ, который оказываетъ наибольшее вліяніе на земныя явленія, не мѣняетъ своего положенія на поверхности солнца.

То обстоятельство, что суточные изменения в положеніи магнитной стрѣлки находятся въ тѣсной связи съ явленіемъ солнечныхъ пятенъ, уже въ 1855 году побудило Лангберга, для объясненія годового хода въ суточныхъ измѣненіяхъ склоненія магнитной стрѣлки, привить гипотезу, что солнце и земля въ ихъ взаимномъ дѣйствіи другъ на друга могутъ быть разсматриваемы какъ два большихъ магнита, при этомъ онъ высказалъ предположеніе, что въ упомянутыхъ измѣненіяхъ склоненія магнитной стрѣлки долженъ быть замѣченъ періодъ, равный синодическому времени вращенія солнца, если только магнитная ось солнца не совпадаетъ съ его осью вращенія, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто и для земли. Это предположеніе было подтверждено въ 1871 году Горшштейномъ, который, на основаніи обработки магнитныхъ наблюдений, произведенныхъ въ теченіе 1870 года въ Прагѣ, Вѣнѣ и Петербургѣ, доказалъ, что въ ходѣ всѣхъ магнитныхъ элементовъ существуетъ періодъ въ 26,34 дней. За нѣсколько времени передъ этимъ Броуниъ нашелъ слѣды періода въ 25,88 дней въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ по наблюдениямъ, произведеннымъ въ Маркеттаудѣ и Гринвичѣ. Больше точную величину продолжительности этого періода вывели въ концѣ XIX-го столѣтія Мюллеръ и Лицнарь. Первый, воспользовавшись наблюдениями, произведенными въ Паслочекѣ, въ среднемъ получилъ для продолжительности этого періода 25,77 дней, второй, на основаніи наблюдений, произведенныхъ въ Вѣнѣ и на многихъ сѣверныхъ станціяхъ, гдѣ измѣненія магнитныхъ элементовъ гораздо значительнѣе, чѣмъ въ среднихъ широтахъ, даетъ для этой продолжительности, круглымъ числомъ, 26 дней. Еще болѣе обширное изслѣдованіе по этому вопросу предпринялъ въ 1893 году Бителоя. Изъ наблюдений, произведенныхъ на весьма многихъ магнитныхъ обсерваторіяхъ Европы и Америки, онъ получилъ для продолжительности этого періода 26,68 дней. Считая эту величину за синодическое время вращенія солнца, онъ нашелъ, что истинное время его вращенія составляетъ 24,86 дней. Подтвержденіе найденнаго имъ результата онъ видитъ въ томъ, что пятна, близкія къ солнечному экватору, даютъ для времени вращенія солнца приблизительно такую-же величину (§ 18), и что, на основаніи теоретическихъ изслѣдованій Ферреля, Гельмгольца, Обербека, Жуковского и другихъ, вращеніе какого-нибудь тѣла, окруженнаго подвижной оболочкой, вызываетъ въ этой послѣдней теченія въ направленіи отъ экватора къ обоимъ полюсамъ, причемъ частицы оболочки, близкія къ экватору, приобрѣтаютъ угловую скорость, равную скорости вращенія ядра. Эти теоретическія соображенія въ общемъ были подтверждены опытами, Бьлонпольскаго, который приводилъ во вращеніе стеклянный баллонъ, наполненный жидкостью съ плавающими въ ней твердыми частицами.



Рис. 94.

§ 23. **Факолы.** Мы уже выше (§ 10) упомянули, что при разсматриваніи солнца въ зрительную трубу съ сильвымъ увеличеніемъ также и свободныя отъ пятенъ части солнечной поверхности далеко не представляются повсюду одинаково яркими. Солнечная поверхность, на которой, вообще, болѣе яркія крупинки чередуются съ менѣе яркими, имѣетъ такой видъ, какъ будто она сдѣлана изъ мрамора. Но кромѣ того большія пятна и группы пятенъ почти всегда бываютъ окружены особыми образованиями, благодаря своей яркости рѣзко выступающими на солнечной поверхности, которую они прорѣзываютъ по разнымъ

направленийъ въ видѣ жгль. Эти образованія падаются солнечными факелами. Одинъ такой факель изображенъ на рис. 94. Легче всего наблюдаются факелы вблизи солнечнаго края. Обыкновенно они имѣютъ форму весьма свѣтлыхъ волнообразныхъ полосъ, перѣдко выходящихъ въ видѣ развѣтвленнаго изъ какого-нибудь одного мѣста солнечной поверхности, какъ это ясно видно на рис. 95, который представляетъ наблюдавшееся 19 мая 1866 года итальянскимъ астрономомъ Таккини пятно съ окружающими его факелами. По серединѣ факела перѣдко находится весьма темное пятно, и, вообще, факелы весьма часто являются предшественниками пятенъ.

\* Факелы обыкновенно появляются въ тѣхъ же самыхъ зонахъ, въ которыхъ наблюдаются и пятна (§ 15); но изрѣдка они встрѣчаются, впрочемъ, и подь болѣе высокими широтами. \*

Въ факелахъ и, вообще, въ огненной оболочкѣ солнца происходятъ такіе же грандіозные перевороты, какъ и въ пятнахъ, но только эти перевороты, какъ менѣе бросающіеся въ глаза, до сихъ поръ не такъ хорошо изучены. Особенно поразительный примѣръ внезапнаго образованія весьма яркихъ факеловъ наблюдалъ Каррингтонъ 1 сентября 1859 года, когда въ одной группѣ пятенъ, облаченной огромными размѣрами, въ  $11^h 18^m$  Гринвичскаго времени вдругъ появились двѣ блестящія точки, яркость которыхъ далеко превосходила яркость остальной окружающей ихъ солнечной поверхности. Яркость этихъ факеловъ въ теченіе нѣсколькихъ секундъ послѣ ихъ появленія продолжала еще увеличиваться, но уже

въ слѣдующія минуты она стала весьма быстро убывать, такъ что въ  $11^h 23^m$ , т. е. всего только черезъ 5 минутъ, отъ этого явленія не осталось никакого слѣда. Замѣательно, что въ теченіе такого короткаго промежутка времени, эти блестящія точки перемѣстились по поверхности солнца на 56000 километровъ. Не смотря на это, въ самой группѣ пятенъ не произошло никакихъ замѣтныхъ измѣненій, такъ что очевидно явленіе развилось, повидимому, на значительной высотѣ надъ этой группой. Интересно, что этотъ удивительный переворотъ на солнечной поверхности, не смотря на весьма небольшую продолжительность его, былъ замѣченъ также еще другимъ астрономомъ, именемъ Ходгесономъ въ Кью, описавшимъ это



Гис. 95.

явленіе почти совершенно такимъ же образомъ, какъ и Каррингтонъ. Выше (§ 21) мы уже упоминали, что около этого времени на всемъ земномъ шарѣ наблюдалась сильная магнитная буря.

На основаніи весьма большого числа фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ въ теченіе 1884 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, Вильснитцъ изучилъ движеніе факеловъ, что дало ему возможность опредѣлить время вращенія солнца около оси. Такимъ образомъ, онъ нашелъ, что полный оборотъ около оси солнца совершается въ 25,23 зем. дней. Этотъ результатъ совпадаетъ съ результатомъ, выводимымъ изъ наблюдений надъ планетами, близкими къ солнечному экватору. Однако, Вильснитцъ по наблюдениямъ факеловъ не могъ замѣнить зависимости времени вращенія различныхъ точекъ солнечной поверхности отъ фотографической широты, но для всѣхъ точекъ получилъ одну и ту же постоянную величину.

\* Впрочемъ позже астрофизикъ Ганнеловой обсерваторіи Стратонъ показалъ, что и факелы, подобно пятнамъ, подь экваторомъ движутся быстрее, чѣмъ въ болѣе высокихъ широтахъ. Ганнелъ, подь экваторомъ суточная угловая скорость факеловъ равна  $14,620^{\circ}$  вѣд., а на широтѣ подь широтами  $30^{\circ}$ — $40^{\circ}$  она составляетъ только  $13,610^{\circ}$ . \*

§ 21. Солнечная атмосфера. Вскорѣ послѣ открытія солнечныхъ пятенъ Лувка Вальтеръ замѣтилъ, что вблизи и около краевъ части солнечнаго диска по яркости уступавъ 1000,000,000 частямъ, для мнѣше однако обнаружилось Галилеемъ, между тѣмъ

как Шейнеръ, напротивъ того, защищать его. Впрочемъ, справедливость такого мнѣнія дѣлается вполне очевидной, если мы будемъ проектировать изображеніе солнца на бѣлый экранъ (§ 13); но при этомъ мы, кромѣ того, замѣчаемъ, что край солнца имѣетъ красноватый оттѣнокъ. Собственно точныя измѣренія уменьшенія яркости солнечнаго свѣта при переходѣ отъ центра солнечнаго диска къ его краямъ были впервые произведены Бугеромъ; впрочемъ онъ пользовался для этой цѣли весьма несовершенными приборами. Затѣмъ этотъ вопросъ на долгое время былъ совершенно забытъ, пока, наконецъ, Шакорнакъ не занялся снова подобными же изслѣдованіями. Этотъ ученый нашель, согласно съ результатомъ, полученнымъ Бугеромъ, что яркость центральныхъ частей солнечнаго диска на разстояніи  $0,3r$  отъ центра, гдѣ  $r$  есть видимый радиусъ солнца, приблизительно одинакова; затѣмъ эта яркость уменьшается, сначала медленно, а потомъ все быстрее и быстрее, и, наконецъ, яркость краевъ солнечнаго диска почти въ два раза меньше яркости центральныхъ частей. При этомъ Шакорнакъ замѣтилъ, что на краяхъ солнечнаго диска яркость свѣта весьма неравномерна вслѣдствіе присутствія факеловъ, и что, кромѣ того, поутрѣнъ пятель, когда эти послѣдніе находятся вблизи центра солнечнаго диска, излучаетъ нѣсколько больше свѣта, чѣмъ фотосфера (§ 10) на краяхъ диска. Къ подобнымъ же результатамъ пришли и всѣ позднѣйшіе изслѣдователи, которые занимались этимъ вопросомъ; только яркость краевъ солнечнаго диска оцѣнивалась различными наблюдателями неодинаковымъ образомъ. Такъ, отношеніе этой яркости къ яркости центральныхъ частей Ліэ, подобно Шакорнаку, выражаетъ дробью  $\frac{1}{2}$ ; Пикерингъ для того-же отношенія принимаетъ дробь  $\frac{1}{3}$ ; Секеи считаетъ, что это отношеніе заключается между  $\frac{1}{3}$  и  $\frac{1}{4}$ , наконецъ Фогель принялъ, что это отношеніе равно только  $\frac{1}{5}$ .

Фогель и послѣ него Толлонъ не ограничились общимъ изслѣдованіемъ ослабленія яркости солнечнаго свѣта при переходѣ отъ центра солнечнаго диска къ его краямъ, но произвели подобныя же измѣренія для каждаго отдѣльнаго цвѣта особо. Наиболѣе подробныя изслѣдованія произведены Фогелемъ. Полученные имъ результаты читатель найдетъ въ нижеслѣдующей табличкѣ, въ которой числа, стоящія подъ названіемъ каждаго цвѣта, представляютъ длины соответственныхъ свѣтовыхъ волнъ, выраженные въ миллионныхъ доляхъ миллиметра (§ 5). Разстоянія, помѣщенные въ первомъ столбцѣ, выражены въ десятыхъ доляхъ солнечнаго радиуса, такъ что число 1,0 соответствуетъ самому краю.

Разстоя- ніе отъ центра	Красный 662.	Желтый 589.	Зеленый 512.	Голубой 470.	Фиолето- вый 408.
0,0	100	100	100	100	100
0,3	99	98	97	97	96
0,6	95	91	86	87	82
0,7	91	85	80	81	74
0,8	84	75	71	72	64
0,9	71	59	57	58	48
1,0	30	25	18	16	13

\* Числа этой таблички выражаютъ яркость цвѣтныхъ лучей для точекъ, находящихся на различныхъ разстояніяхъ отъ центра солнечнаго диска, причемъ яркость центральныхъ лучей для всѣхъ цвѣтовъ принята равною 100. \* При одномъ взглядѣ на эту табличку мы убѣждаемся, что фиолетовый конецъ спектра ослабляется гораздо сильнѣе, чѣмъ красный. Этимъ и объясняется тотъ красноватый оттѣнокъ краевъ солнца, который замѣчается при проектированіи солнца на экранъ. Съ другой стороны, такой результатъ вполне подтверждаетъ предположеніе Ланглея, что солнце собственно есть свѣтло голубоватаго цвѣта (Часть I, § 111).

Ліэ занимался также изслѣдованіемъ яркости пятель и факеловъ и нашель, что яркость центральныхъ частей пятна составляетъ около 0,01 яркости фотосферы (§ 10).

Это согласуется съ результатомъ, полученнымъ Гершелемъ, который оцѣниваетъ указанное отношеніе яркости ядра пятна къ яркости фотосферы въ 0,007. Яркость полутьны по изслѣдованіямъ Лиз составляетъ приблизительно половину яркости фотосферы, что согласуется съ вышеупомянутымъ выводомъ Шакорнака. Наконецъ, что касается факеловъ, то Лиз, приравниваетъ яркость факела, находящагося въ разстояніи 1' отъ солнечнаго края, яркости центраьвыхъ частей солнечнаго диска.

Но измѣненію чиселъ предыдущей таблички мы, между прочимъ, заключаемъ, что также и напряженности химическихъ и тепловыхъ лучей въ центрѣ солнечнаго диска больше, чѣмъ на краяхъ. Для тепловыхъ лучей это было доказано непосредственными изслѣдованіями Эриксона и Ланглея. Эриксонъ нашелъ, что количество теплоты, излучаемой въ некоторой опредѣленной площади на краяхъ солнечнаго диска, относится къ количеству теплоты, излучаемой такою же площадью въ центрѣ диска, какъ 7 къ 11; по Ланглею же это отношеніе приблизительно въ 2 раза меньше.

Всѣ вышеописанные факты могутъ быть объяснены только существованіемъ около солнца атмосферы, которая поглощаетъ какъ свѣтъ, такъ и теплоту. При этомъ непосредственное сравненіе вышеприведенныхъ результатовъ приводитъ насъ къ заключенію, что свѣтъ поглощается сильнѣе, чѣмъ теплота.

Поглощеніе теплоты Ланглей относитъ главнымъ образомъ на счетъ тонкой красной оболочки, окружающей солнце и называемой хромосферой (§ 26). Лиз принимаетъ такое же положеніе и относительно поглощенія свѣта, причемъ слвою, поглощающему свѣтъ, онъ приписываетъ толщину всего только отъ 4 до 8'. Ланглей, кромѣ того, полагаетъ, что возможны незначительныя измѣненія поглозательной способности этого слоя должны оказывать огромное вліяніе на климатическія условія нашей земли. Не вдаваясь въ подробности относительно этого предмета, укажемъ еще, что Эриксонъ на основаніи своихъ вышеупомянутыхъ изслѣдованій пришелъ къ заключенію, что солнечная атмосфера поглощаетъ приблизительно  $\frac{1}{7}$  всей теплоты, излучаемой солнцемъ.

Изслѣдованія, предпринятія въ мартѣ и сентябрѣ 1852 года итальянскимъ астрономомъ Секки относительно поглощенія солнечной теплоты атмосферой, окружающей солнце, показали, что экваторіальныя страны солнечной поверхности жарче полярныхъ. Въ 1874 году подобныя опыты были повторены Ланглеемъ, который воспользовался для этой цѣли болѣе усовершенствованными вспомогательными средствами. Однако этотъ ученый не могъ замѣтить никакой разницы въ температурѣ глѣхъ и другихъ странъ. Напротивъ того, въ 1878 году Крульсъ и Лакайль снова нашли, что оцѣфленные площади, расположенныя по направлению экваторіальнаго діаметра солнечнаго диска, излучаютъ больше теплоты, чѣмъ такая же площадь, лежащая по направлению полярнаго діаметра. Такие противорѣчивые другъ другу результаты могутъ объясняться дѣйствительными перемѣнами, происходящими на самомъ солнцѣ, какъ это подозревалъ уже Секки. Поэтому весьма желательно, чтобы подобныя наблюденія систематически производились въ теченіе возможно болѣе продолжительнаго времени.

Далье, Крульсъ и Лакайль въ январѣ 1878 года въ Рио-Жанейро сравнили количество теплоты, излучимой опредѣленными площадями въ сѣверномъ полушаріи солнечной поверхности, съ количествомъ теплоты, излучаемой такими же площадями въ южномъ. Для этой цѣли изображеніе солнца, полученное на экранѣ, было раздѣлено окружающими концентрическими кругами на зоны, шириною въ 0,1 солнечнаго радіуса, и каждая такая зона испытывалась относительно теплопроводительной способности при помощи термоэлектрическаго столбика. Если мы количество теплоты, излучаемой ѣкоторою площадью въ центральной зонѣ, примемъ равнымъ 100, то количество теплоты, излучаемой такою же площадью въ другихъ зонахъ, выразится числами, приведенными въ нижеслѣдующей табличкѣ.



Радиусъ зоны.	Южное полушаріе.	Сѣверное полушаріе.	Радиусъ зоны.	Южное полушаріе.	Сѣверное полушаріе.
0,2	80,0	97,5	0,6	55,1	77,4
0,3	63,9	91,7	0,7	52,1	67,4
0,4	60,7	88,8	0,8	47,6	64,2
0,5	57,6	82,3	0,9	39,9	50,5

Отсюда ясно, что въ январѣ 1878 года сѣверное полушаріе солнца посылало намъ гораздо больше теплоты, чѣмъ южное.

Въ серединѣ 1890 года Савельевъ въ Кіевѣ занялся весьма подробнымъ изслѣдованіемъ общаго лученепусканія солнца при помощи особаго прибора, называемаго актинометромъ (Часть IV). При этомъ онъ пришелъ къ неожиданному результату, а именно, что въ дни, богатые пятнами, лученепусканіе солнца сильнѣе, чѣмъ въ дни, бѣдные пятнами. Этимъ, повидимому, подтверждается принятое уже В. Гершелемъ положеніе, что большое число пятенъ на поверхности солнца служатъ признакомъ повышенной дѣятельности этого послѣдняго. Въ 1845 году Анри и 30 лѣтъ спустя Ланглеи доказали, что солнечныя пятна посылаютъ намъ меньше теплоты, чѣмъ окружающая ихъ фотосфера. Еще болѣе обстоятельныя изслѣдованія, касающіяся этого вопроса, произвелъ въ 1893 году Вильсонъ. Онъ нашелъ, что количество теплоты, посылаемой намъ солнечнымъ пятномъ, въ среднемъ выражается числомъ 35,6, если за 100 принять количество теплоты посылаемой такою частью фотосферы, площадь которой равна площади этого пятна. Кроме того онъ убѣдился, что уменьшеніе теплопосылательной способности съ приближеніемъ къ краю солнечнаго диска для пятенъ происходитъ медленнѣе, чѣмъ для фотосферы, такъ что теплопосылательная способность фотосферы на краяхъ диска составляетъ всего только  $\frac{1}{2}$  теплопосылательной способности пятна, находящагося въ центрѣ диска. Отсюда вытекаетъ, согласно съ изслѣдованіями Савельева, что при обиліи пятенъ лученепусканіе солнца бываетъ сильнѣе, чѣмъ въ дни, бѣдные пятнами.

§ 25. Явленія, заключаемыя во время полныхъ солнечныхъ затмѣній. Внесомнѣнно мы увидимъ, что у луны вовсе нѣтъ атмосферы или же, если она и окружена атмосферой, то во всякомъ случаѣ настолько разрѣженной, что лучи свѣта, проходя въ весьма близкомъ разстояніи отъ луннаго края, совершенно не отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія. Поэтому естественно было бы ожидать, что во время солнечныхъ затмѣній въ моментъ наступленія полной фазы должна распространиться совершенная темнота, и что по крайней мѣрѣ то мѣсто небесной сферы, гдѣ въ этотъ моментъ находится солнце, покрытое луною, должно, благодаря своей абсолютной темнотѣ, особенно выдѣляться среди остальныхъ частей небосклопа. Однако въ дѣйствительности наблюдается нѣчто другое. О томъ огромномъ впечатлѣніи, которое полное солнечное затмѣніе производитъ на людей и, вообще, на всѣхъ животныхъ, мы уже говорили раньше (Часть I, § 103). Поэтому, теперь займемся описаніемъ тѣхъ явленій, которыя во время затмѣнія происходятъ на самомъ солнцѣ.

Задолго до наступленія полной фазы, когда слѣдовательно еще болѣе или менѣе значительный солнечный серпъ остается не покрытымъ луной, мы можемъ прослѣдить при помощи зрительной трубы темный край луны на довольно большомъ протяженіи вѣдъ солнечнаго диска. Это объясняется тѣмъ, что фонъ, на который проектируется лунный край, не представляется совершенно темнымъ: онъ въ дѣйствительности значительно свѣтлѣе чернаго диска луны. Еще яснѣе выступаетъ это явленіе во время полной фазы, когда луна представляется окруженной свѣтлымъ лучеобразнымъ сіяніемъ, такъ называемою короной, которая наибольшую яркостью отличается въ частяхъ, непосредственно прилетающихъ къ лунному краю; по мѣрѣ же удаленія отъ этого края, свѣтъ ея постепенно сла-

обетъ, пока, наконецъ, не исчезнетъ совершенно среди окружающей ея темноты небеснаго свода. Цвѣтъ короны по отзывамъ большей части наблюдателей бѣлый; впрочемъ иногда отмѣчается желтоватый отблескъ. Размеры короны и ея строеніе мѣняются отъ одного затмѣнія до другого и, повидимому, находятся въ известной зависимости отъ состоянія пятнообразовательной дѣятельности солнца. Для наблюденій короны лучше всего пользоваться зрительной трубой съ слабымъ увеличеніемъ и большимъ полемъ зрѣнія, напр., такъ называемымъ кометоскопомъ. При помощи такой трубы легко замѣтить, что корона не обладаетъ одинаковою яркостью во всѣхъ своихъ частяхъ, прилегающихъ къ лунному краю. Въ самомъ дѣлѣ, въ этомъ случаѣ наблюдателю бросаются въ глаза отдѣльные болѣе свѣт-



Рис. 96.

лые лучи, идущіе отъ самаго края луны и простарающіеся далеко за предѣлы общіихъ очертаній короны. Эти лучи весьма часто не имѣютъ формы прямыхъ линій, но на концѣ искривляются въ видѣ крючка. Рис. 96 представляетъ солнечную корону во время полнаго затмѣнія 1 января 1899 года по фотографіи Барнарда.

Первые свидѣнія о наблюденіяхъ солнечной короны во время полныхъ затмѣній, если не считать указанія, встрѣчающагося у Плутарха, относятся къ началу XVIII-го столѣтія, когда объ этомъ явленіи упоминали Плантадъ, Галлей, Маральди и др. Это не должно насъ удивлять, такъ какъ корона, дѣйствительно, доступна также и для невооруженнаго глаза, и безъ помощи зрительной трубы мы можемъ прослѣдить ее на довольно значительномъ разстояніи отъ луннаго края. Встрѣчаются указанія на солнечныя затмѣнія съ короткою продолжительностью полной фазы, во время которыхъ это сіяніе достигало такой яркости, что зрители даже сомнѣвались въ томъ, дѣйствительно ли данное затмѣніе было полнымъ. Но такъ какъ наблюденія короны были очень немногочисленны, то объ нихъ

отъ одного затмѣнія до другого обыкновенно забывали, тѣмъ болѣе, что для данного мѣста земного шара полное солнечное затмѣніе случается приблизительно одинъ разъ въ 200 лѣтъ (часть I, § 102). кромѣ того, въ прежнія времена на солнечныя затмѣнія смотрѣли, вообще, только какъ на средство для опредѣленія разности долготы, а потому ихъ и наблюдали исключительно съ этою цѣлью. Но вотъ наступило солнечное затмѣніе 8 іюля 1842 года. Во время этого затмѣнія полоса полной фазы была расположена очень благопріятно для Европы, именно она проходила черезъ Испанію, южную Францію, Сардинію, Австро-Венгрію и южную Россію. Это затмѣніе составляетъ въ наукѣ эпоху, и только съ этихъ поръ ученые стали совершенно иначе относиться къ полнымъ солнечнымъ затмѣніямъ. Астрономы, отправившіеся для наблюденія этого затмѣнія въ полосу полной фазы, въ моментъ исчезновенія послѣдняго луча солнца не только съ удивленіемъ увидѣли корону вокругъ темнаго луннаго диска, но еще болѣе были поражены внезапнымъ появленіемъ изъ-за луннаго края красныхъ выступовъ, которые теперь обыкновенно называются протуберанцами. Впослѣдствіи въ различныхъ журналахъ отыскали, что о протуберанцахъ наблюдатели неоднократно упоминали еще съ начала XVIII столѣтія; но всѣ эти свѣдѣнія

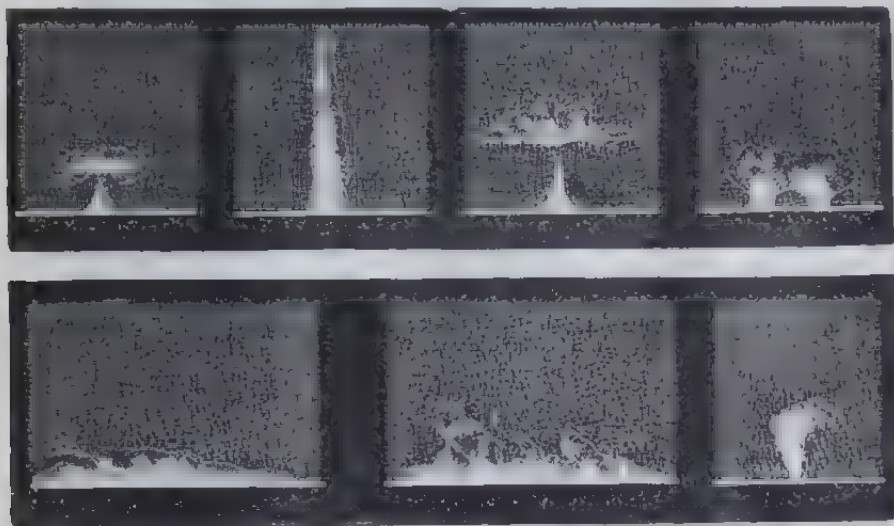


Рис. 97.

потомъ были совершенно забыты, такъ что только послѣ 1842 года при всѣхъ послѣдующихъ полныхъ солнечныхъ затмѣніяхъ стали обращать весьма большое вниманіе на изслѣдованіе этихъ замѣчательныхъ свѣтовыхъ явленій на поверхности солнца.

Относительно вѣшняго вида и цвѣта протуберанцевъ мы находимъ самыя разнообразныя свѣдѣнія не только въ отчетахъ о различныхъ затмѣніяхъ, но даже въ отчетахъ отдѣльныхъ наблюдателей объ одномъ и томъ же затмѣніи. По большей части протуберанцы бываютъ свѣтло-малиноваго цвѣта; но многими наблюдателями цвѣтъ ихъ представлялся фіолетовымъ, желтоватымъ и бѣлымъ. Наконецъ, нѣкоторые астрономы говорятъ, что протуберанцы бываютъ иногда окаймлены черной полоской. Замѣчательно при этомъ еще то, что протуберанцы весьма рѣдко имѣютъ одинаковую окраску во всѣхъ своихъ частяхъ. Протуберанцы по большей части обладаютъ волокнистымъ строеніемъ, причемъ волокна обыкновенно бываютъ другого цвѣта, чѣмъ общія масса протуберанца. Нерѣдко нѣсколько протуберанцевъ соединяются въ одну группу, и въ этомъ случаѣ ясно можно различить, какъ одинъ протуберанецъ проектируется на другой. Далѣе, нѣкоторые наблюдатели замѣтили, что впродолженіе затмѣнія цвѣтъ этихъ образованій мѣнялъ свой оттѣнокъ. Наконецъ, надъ протуберанцемъ иногда наблюдались свободно плавающія облака того же самаго цвѣта и

строния. Разнообразныя формы протуберанцевъ изображены на рис. 97. Возвышеніе протуберанцевъ надъ луннымъ краемъ рѣдко составляетъ болѣе 2 или 2 $\frac{1}{2}$ , хотя въ отдельныхъ случаяхъ это возвышеніе можетъ достигать 4 и даже болѣе, такъ что истинное возвышеніе протуберанцевъ надъ солнечной фотосферой обыкновенно не превосходитъ, круглымъ числомъ, 100000 километровъ; въ видѣ же исключенія наблюдаются исполненіе протуберанцы, возвышавшися надъ луннымъ краемъ на 173000 километровъ, а широй разъ и значительно болѣе.

« На рис. 98 изображенъ такой протуберанецъ-гигантъ, наблюдавшійся 11 іюля 1892 года. Его возвышеніе надъ луннымъ краемъ доходило до 427000 километровъ. Настоящее представленіе о величинѣ обыкновенныхъ протуберанцевъ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 99, на которомъ даны сравнительные размѣры протуберанца и нашей землѣ. »



Рис. 98.

Въ эту защиту своего мнѣнія, такъ какъ вышеописанныя явленія во время этого затмѣнія были совершенно неожиданными для наблюдателей, и потому заранее не было сделано никакихъ приготовленій для болѣе точнаго наблюденія этихъ явленій. При такихъ обстоятельствахъ съ большимъ нетерпѣніемъ ожидали 28 июля 1851 года, когда должно было произойти новое полное солнечное затмѣніе, видимое въ Европѣ. Во время этого затмѣнія корона представлялась во всемъ своемъ величій, а протуберанцы были наблюдаемы въ восточномъ числѣ. И хотя благодаря произведеннымъ наблюденіямъ съ большою вѣроятностью была установлена связь протуберанцевъ и короны съ солнцемъ, но тѣмъ не менѣе этотъ вопросъ еще не получилъ окончательнаго рѣшенія. Это объясняется тѣмъ, что поемъ короткая продолжительность полной фазы, рѣдко превосходящая 3 или 4 минуты, создаетъ столь ничтожнымъ препятствіемъ для производства точныхъ наблюденій надъ короной и протуберанцами.

Уже въ 1842 году многими наблюдателями и, между прочимъ, К. Литровымъ, было сделано замѣчаніе на то, что протуберанцы, правда, безъ замѣтной окраски, могутъ быть видны какъ въ началѣ полной фазы затмѣнія, такъ и послѣ нея, когда мы полу-

Число протуберанцевъ при различныхъ затмѣніяхъ бываетъ весьма неодинаково. Въ этомъ отношеніи болѣе красивую картину представляло солнце во время затмѣнія 18 іюля 1860 года, когда, по выраженію Секки, солнечный край по всей окружности былъ какъ бы усыпанъ огненными языками, возвышавшимися надъ нимъ на значительную высоту.

Что касается происхожденія короны и протуберанцевъ, то тотчасъ же послѣ затмѣнія 8 іюля 1842 года астрономы раздѣлились на два лагера: одни разсматривали протуберанцы какъ принадлежность солнца, а корону какъ его атмосферу; другіе же, наоборотъ, считали всѣ эти явленія чисто оптическими и объясняли ихъ тѣмъ, что лучи солнца, проходя въблизи луннаго края и въ особенности мимо лунныхъ горъ, претерпѣваютъ отклоненіе отъ своего первоначальнаго направленія. Однако, никто не могъ привести рѣшительныхъ доказа-

чаемъ свѣтъ еще отъ довольно значительной части солнечнаго диска. Это обстоятельство было замѣчено весьма многими наблюдателями также и въ 1851 году, но только во время затмѣнія 18 июля 1860 года благодаря такимъ наблюдениямъ вопросъ о происхожденіи протуберанцевъ былъ рѣшенъ окончательно. Именно, во время этого затмѣнія Брунесу въ Тарагонѣ (въ Испаніи) посчастливилось замѣтить одинъ протуберанецъ со стороны нижней части луннаго края за 2 минуты до наступленія полной фазы, и онъ могъ слѣдить за нимъ затѣмъ еще въ теченіе  $6\frac{1}{2}$  минутъ по окончаніи полной фазы, такъ какъ этотъ протуберанецъ находился въ направленіи перпендикулярномъ къ движенію луны, и, кромѣ того, Тарагона лежала ближе къ сѣверной границѣ полосы полной фазы, чѣмъ къ южной, вследствие чего сѣверный край луны не слишкомъ много возвышался надъ соответственнымъ краемъ солнца. Такъ какъ въ Тарагонѣ продолжительность полной фазы составляла 3 $\frac{1}{2}$  минуты, то въ общей сложности Брунесъ наблюдалъ этотъ протуберанецъ приблизительно въ теченіе 12 минутъ. Это было первое такое продолжительное наблюденіе протуберанца.

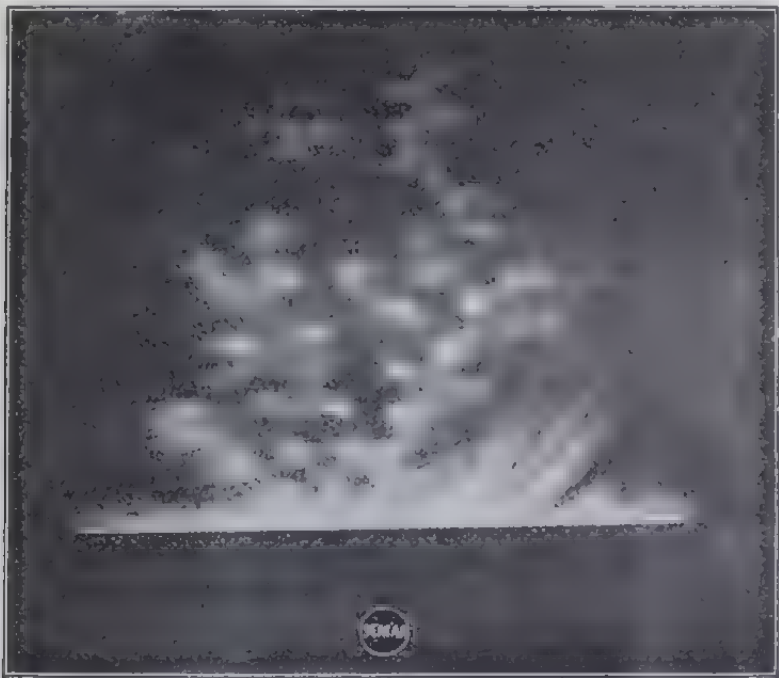


Рис. 99.

Наблюденіе этого протуберанца представляло особенную важность для рѣшенія вопроса о природѣ этихъ образований, главнымъ образомъ по той причинѣ, что онъ находился приблизительно къ направленію перпендикулярномъ къ видимому движенію луны, вследствие чего въ этомъ мѣстѣ въ каждый слѣдующій моментъ новая точка луннаго края приходила въ соприкосновеніе съ солнечнымъ краемъ. Поэтому можно было легко рѣшить, имѣеть ли протуберанецъ съ теченіемъ времени свое положеніе относительно солнечной поверхности или относительно лунной. Наблюденія показали, что въ дѣйствительности имѣлъ мѣсто второй изъ этихъ случаевъ, а это служило вѣрнымъ признакомъ, что протуберанецъ принадлежитъ солнцу: въ самомъ дѣлѣ, если эти образования находятся въ тѣсной связи съ самимъ солнцемъ, то ихъ положеніе относительно определенной точки солнечной поверхности не можетъ замѣниться замѣтнымъ образомъ въ теченіе того короткаго промежутка времени, пока они доступны для наблюденія. А если бы протуберанцы представляли собою только оптическое явленіе, въ зависимости отъ неровностей луннаго края, то при дви-

жений луны они должны были бы перемещаться вмѣстѣ съ нею и такимъ образомъ сохранили бы неизмѣнное положеніе относительно опредѣленной точки лунной поверхности.

Слѣдующія затмѣнія, и особенно затмѣніе 6 марта 1867 года, доставили новыя доказательства связи протуберанцевъ съ солнцемъ. Поэтому, когда приближалось затмѣніе 18 августа 1868 года, для наблюденій котораго, вследствие необыкновенно большой продолжительности полной фазы, были снаряжены многочисленныя экспедиціи въ далекія страны, всѣ астрономы заботились не о томъ, чтобы добыть новыя доказательства относительно связи протуберанцевъ съ солнцемъ, а о томъ, чтобы опредѣлить ихъ физическое строеніе при помощи спектральныхъ наблюденій, которыя во время этого затмѣнія впервые получили широкое распространеніе. И въ этомъ отношеніи приготовленія астрономовъ увѣщались полнѣе успѣхомъ, именно, въ различныхъ мѣстахъ, лежащихъ въ полосу полной фазы, многими удалось наблюдать спектръ протуберанцевъ, и онъ оказался прерывистымъ, состоящимъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линий, чѣмъ характеризуются, какъ извѣстно, спектры раскаленныхъ газовъ. Яркость нѣкоторыхъ изъ этихъ линий навела Жансена, наблюдавшаго въ Гунторѣ, на мысль, что эти линии могутъ быть видны въ спектроскопъ не только во время полныхъ затмѣній, но и вообще ежедневно. И дѣйствительно, ему на слѣдующій же день удалось опять видѣть эти линии.

Благодаря этому замѣчательному открытію наблюденія полныхъ солнечныхъ затмѣній отчасти потеряли свое значеніе, такъ какъ теперь явилась возможность видѣть протуберанцы во всякое время. Вслѣдствіе этого изученіе природы протуберанцевъ существеннымъ образомъ подвинулось впередъ, такъ какъ съ этихъ поръ сдѣлалось возможнымъ подробное изслѣдованіе этихъ образований. Результаты, которые такимъ образомъ удалось добыть относительно природы протуберанцевъ, мы изложимъ въ слѣдующемъ параграфѣ, а теперь вернемся опять къ разсмотрѣнію солнечной короны.

Въ дополненіе къ тому, что было выше сказано о коронѣ, слѣдуетъ прибавить, что уже въ 1851 году Фулджеръ и въ 1860 году Пражмовскій показали, что свѣтъ ея поляризованъ (§ 6) въ направленіи соответственнаго солнечнаго вѣтра, что въ данномъ случаѣ то же самое, луннаго радиуса. Уже одно это обстоятельство указываетъ на связь короны съ солнцемъ, благодаря же спектральнымъ наблюденіямъ эта связь была поставлена внѣ всякаго сомнѣнія еще во время затмѣнія 1868 года, когда выяснилось, что корона даетъ слѣбый непрерывный спектръ. Изслѣдованія короны во время слѣдующихъ полныхъ затмѣній при помощи болѣе сильныхъ спектральныхъ приборовъ показали, что ея спектръ пересѣченъ многими свѣтлыми линиями, изъ которыхъ самая яркая находится въ зеленомъ цвѣтѣ и, по видимому, соответствуетъ самой яркой линіи спектра зодіакальнаго свѣта (часть I, § 113). Вначалѣ эту линію считали тождественной съ одной изъ линій желѣза. Но Юнгъ, помощью спектроскопа, обладающаго весьма большой свѣтлоразсѣивающей силой, доказалъ, что линія, находящаяся на соответственномъ мѣстѣ солнечнаго спектра, не простая, а весьма узкая двойная, изъ этихъ двухъ линій та, которая лежитъ дальше отъ краснаго конца спектра, принадлежитъ желѣзу, а другая, которую онъ отождествилъ съ спектральною линіей короны, не была ниона въ спектрѣ никакого химическаго элемента на землѣ. \* Неизвѣстное вещество, входящее въ составъ короны и характеризуемое упомянутой линіей въ зеленомъ цвѣтѣ спектра, было названо корономъ. Вероятно, короной есть газъ, гораздо болѣе легкій, чѣмъ водородъ. Вислѣдствіе было установлено, что зеленая линія короны и спектральная линія зодіакальнаго свѣта различны между собою. \* Во время полныхъ солнечныхъ затмѣній 1871 и 1874 годовъ нѣкоторые наблюдатели замѣтили въ спектрѣ короны также отдѣльныя темныя линіи. Однако этими наблюденіями, правда, трудно объяснить, не могли быть измѣнены результаты, добытые раньше. Въ главныхъ чертахъ корона представляеть собою нечто иное, какъ солнечную атмосферу, которая, вследствие своего слабого свѣта, дѣлается видимой только тогда, когда луна совершенно покрываетъ

яркій солнечный дискъ. Но тѣмъ не менѣе только что упомянутыя наблюденія показываютъ, что мы здѣсь имѣемъ дѣло, вообще, съ весьма сложнымъ явленіемъ, и что многое, наблюдаемое въ коронѣ, зависитъ отъ различныхъ причинъ. Такъ, напр., мерцаніе короны, о которомъ, между прочимъ, часто упоминаютъ наблюдатели, должно быть отнесено на счетъ нашей атмосферы и никоимъ образомъ не можетъ быть разсматриваемо какъ свойство короны.

Фотографія спектра короны, снятая Шустеромъ во время затмѣнія 17 мая 1882 года, показали, что наибольшую яркостью обладаетъ та часть спектра, которая расположена между линиями *C* и *H*. Это навело Гуттиса на мысль, что, пользуясь въ некоторой средѣ, поглощающей всѣ лучи свѣта за исключеніемъ тѣхъ, которые лежатъ въ упомянутой части спектра, можно получить фотографію короны также и не во время полного солнечнаго затмѣнія. Для этой цѣли онъ воспользовался свѣжимъ растворомъ марганцовокислого кали, и ему, действительно, удалось получить изображеніе, по общему очертанію и характеру напоминающее корону. Точно также Лозе въ Потсдамѣ уже въ 1878 году старался достигнуть той же цѣли помощью фотографическихъ пластинокъ, чувствительныхъ только для вышеупомянутыхъ лучей. Однако, какъ попытки этихъ ученыхъ, такъ и позднѣйшія попытки Абнея, Деландра, Хэля и др., которые пользовались для этой цѣли различными способами, до сихъ поръ не привели ни къ какому положительному результату.

Во время полного солнечнаго затмѣнія 16 апрѣля 1893 года Деландру удалось сфотографировать спектръ короны до такихъ предѣловъ, которые соответствуютъ ультрафиолетовой части обыкновеннаго солнечнаго спектра, и черезъ сравненіе фотографій восточнаго и западнаго краевъ солнца онъ опредѣлялъ смѣщеніе спектровъ различныхъ линий (§ 19), которыя указали на то, что корона совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ то же самое время, какъ и само солнце.

Заслуживаетъ интереса также то обстоятельство, что при изученіи фотографическихъ снимковъ короны, сдѣланныхъ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній, уже два раза въ лучахъ короны была найдена комета. Это относится къ затмѣніямъ 17 мая 1882 года и 16 апрѣля 1893 года. Тутъ же слѣдуетъ упомянуть о древнемъ, пошедшемъ до насъ извѣстіи, что во время полного солнечнаго затмѣнія 19 іюля 418 года также была видна комета.

Наконецъ, ко всему сказанному прибавимъ еще, что уже въ 1851 году Берковскимъ въ Кенигсбергѣ была сдѣлана попытка фотографировать явленіе полного солнечнаго затмѣнія. Затѣмъ удачныя фотографіи полного солнечнаго затмѣнія были получены въ 1860 году въ Пенаніи въ Ривабеллозѣ (Де-ля-Рю) и въ Деэгеро-де-ла-Сель-Польмазѣ (Секки), въ 1868 году въ Аравіи (нѣмецкая экспедиція) и въ Индіи (Теннантъ). Послѣ этого во время каждаго полного солнечнаго затмѣнія дѣлались многочисленные фотографическіе снимки.

§ 26. **Спектральныя наблюденія протуберанцевъ, хромосферы и солнечныхъ пятенъ.** Выше было сказано, что Жансенъ, опираясь на свои наблюденія во время полного солнечнаго затмѣнія 18 августа 1868 года, пришелъ къ убѣжденію, что наиболѣе яркія спектральныя линии протуберанцевъ можно наблюдать не только во время затмѣній, но и, вообще, ежедневно, и это ему, действительно, удалось на слѣдующій же день. Но еще раньше, именно въ 1866 году, Локьеръ возбуждалъ вопросъ, нельзя ли при помощи сильныхъ спектроскоповъ наблюдать спектръ протуберанцевъ на солнечномъ краѣ ежедневно. Однако тогда на эту мысль, облеченную въ форму вопроса, не было обращено надлежащаго вниманія, и самъ Локьеръ также не былъ въ состояніи провѣрить ее. Только въ серединѣ октября 1868 года онъ могъ распознать достаточно сильнымъ спектроскопомъ, при помощи котораго онъ замѣталъ три самыя яркія спектральныя линии протуберанцевъ. Это было 20 октября, т. е. какъ разъ въ то время, когда въ Еврону дошли первыя извѣстія о спектральныхъ наблюденіяхъ Жансена во время солнечнаго затмѣнія 18 августа.

Впрочемъ, вскорѣ послѣ этого Цельнеру, Локьеру и Гуттису, почти одновре-

можно, удалось усовершенствовать первоначальный способ наблюдения протуберанцев. Это усовершенствование состоит в простом приспособлении для расширения щели спектроскопа, вследствие чего является возможность видеть не только яркие спектральные линии протуберанцев, но также и монохроматические, т. е. обрешенные в один цвет, изображения самих выступов.

\* Единственная причина, почему мы не можем видеть протуберанцев во всякое время, заключается в ярком освещении нашей земной атмосферы. Мы можем заметить свет, получаемый нами непосредственно от солнца, но мы не можем сделать того же с отраженным солнечным светом, идущим к нам от тех частиц нашей атмосферы, которые лежат на линии, соединяющей наш глаз с протуберанцем. Яркость этого так называемого рассеянного света (часть I, § 109) настолько велика, что мы не можем видеть протуберанцев без помощи какого-нибудь приспособления.

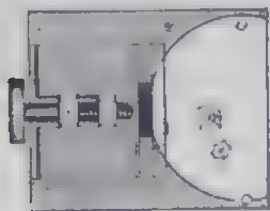


Рис. 100

Спектр рассеянного света тот же самый, что и солнечный спектр; иначе говоря, это есть непрерывный спектр, перебранный поперечными темными линиями. Поэтому, если мы, наведя на солнце трубу, к которой привинчен спектроскоп, установим ее так, чтобы край солнечного диска касался щели спектроскопа, как это показано на рис. 100, где щель очерчена, то в том случае, если в этом месте солнечного диска находится протуберанец, нашим глазам представится два спектра, наложенные один на другой, а именно спектр рассеянного света и спектр протуберанца. Спектр протуберанца состоит, как мы видели (§ 25), из отдельных светлых линий но если мы немного расширим щель спектроскопа, то эти линии замѣнятся монохроматическими изображениями той части протуберанца, которая помещается между краями щели. Если мы воспользуемся для таких наблюдений спектроскопом большой светоразвивающей силы, то это не окажет никакого влияния на яркость упомянутых изображений: увеличение светоразвивающей силы только увеличивает расстояние между этими изображениями, не ослабляя их яркости. В то же самое время спектр рассеянного света растягивается и, вследствие этого, дѣлается весьма слабым; кроме того, в этом спектре находятся темные линии или, в случае если щель расширена, темные пространства в точности на тех самых местах, где получают светлые изображения протуберанцев.

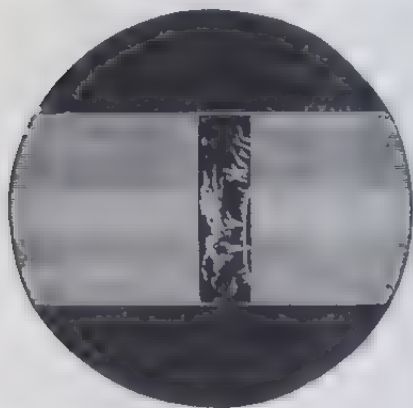


Рис. 101.

Спектроскоп достаточной светоразвивающей силы, будучи привинчен к 4-дюймовой трубѣ, дает уже весьма удовлетворительные изображения протуберанцев. Изображение красного цвета соответствует наиболее яркой спектральной линии *C* (§ 5) и потому наиболее удобно для таких наблюдений, хотя можно пользоваться также синим изображением, получающимся взамен линии *F*. Если инструмент установлен соответственным образом, щель спектроскопа немного расширена, и край солнечного диска прикасается к щели, как это описано выше, то мы, глядя в окуляр спектроскопа, увидим картину, изображенную на рис. 101. \*

Со времени изобретения только что изложенного способа наблюдения протуберанцы неоднократно наблюдались, при помощи спектроскопа и благодаря этому было еще раз подтверждено уже и раньше нами вѣрный фактъ, что протуберанцы представляют местные впадины тонкой





Солнечные протуберанцы

оболочки солнца, ширина которой едва достигает 10 или 15. Эта оболочка, толщина и края которой, независимо от протуберанцев, почти всегда видны при затмениях, в настоящее время обыкновенно называется хромосферой (§ 24). Между тем, как и изходящий под ней весьма яркий поверхностный слой солнечного ядра сохраняет свое старое название фотосферы (§ 10) — Цвет хромосферы такой же, как и цвет протуберанцев, т. е. красный. Для глаза хромосфера бывает заметна только во время полных солнечных затмений, когда она имеет вид розово-красной и розово-красной дымки. Первым указавшим на существование хромосферы отнесся к началу XVIII столетия Гук, Галлеи при описании затмения 1715 года говорил, что в несколько моментов во время затмения были видны оболочки зловещного красноватого цвета.

Выше (§ 25) мы видели, что шаровидный вид протуберанцев бывает весьма редким и образный по все же в прошедших образованиях этого рода многообразнее, некоторые типичные формы. Поэтому Селки и разделяет протуберанцы на следующие четыре класса.

1. Кучеобразные протуберанцы. Под этим названием Селки понимает собственно значительная группа хромосферы, нижняя окантовка которых никогда не бывает прямолинейными, а обыкновенно имеют неправильную форму. Так протуберанцы резко возмущаются над хромосферой больше, чем на 40 или 50. Наибольшее число кучеобразных протуберанцев наблюдается в тех зонах, в которых образуются также солнечные пятна (§ 15). В этих же зонах такие протуберанцы обыкновенно бывают наиболее развитыми.

2. Облакообразные протуберанцы. Эти протуберанцы встречаются на поверхности солнца всего чаще, обыкновенно они бывают похожи на и не облака и состоят из отдельных мелких масс, отчасти как бы прилегающих к хромосфере, отчасти свободно висящих над ней. Порой эти массы, по своему характеру, в виде облаков, иногда из хромосферы выступают несколько отдельно от остальной короны, которая только уже на более значительной высоте над хромосферой рассредоточивается в облакообразные массы, принимающая иной раз весьма причудливые формы. Некоторые из протуберанцев этого типа напоминают своим видом торнадо. В верхних своих частях протуберанцы обыкновенно бывают наклонены вверх, а одна из их сторон именно к полюсам, так что нередко получается впечатление, будто что-то, выходящее из состава протуберанцев, улетает существующими на высоте облаками.

Высота этих протуберанцев бывает весьма различной, и порой достигает 2 или 3. Однако сь возвышенем над хромосферой сдвигается и уменьшается яркость. Иногда впрочем такие протуберанцы представляют лишь остатки других более обширных извержений.

На рис. 97 изображены именно протуберанцы двух последних типов.

3. Лучеобразные или лучевидные протуберанцы. О протуберанцах этого типа читатель может составить себе понятие из описания рис. 98 и рис. 99 и второй таблицы. Эти протуберанцы по большей части существуют в течение весьма продолжительного времени, они обладают весьма причудливой и весьма разнообразной формой, вообще отличаются большим несовершенством формы. Если верхняя часть этих образований, как это иногда случается, обращена к ободку, и эти последние в свою очередь, разделяются на части, которые устремляются вперед, то мы можем наблюдать весьма красивую картину огненного дождя, выходящего из поверхности солнца.

4. Лучеобразные протуберанцы. Протуберанцы этого типа имеют весьма большое сходство с лучеобразными протуберанцами, отличается же они от этих последних меньшим яркостью, большим несовершенством формы и еще тем, что в верхних своих частях они обыкновенно расширяются и образуются в облака.

Впрочем иногда бывает и сама груда различна, къ какому собственно классу относится данная протуберанецъ, такъ какъ эти образования, вообще, сильно мѣняютъ свою форму и нередко въ теченіе весьма короткаго промежутка времени принимаютъ совершенно другой видъ. Особенно замѣчательный примѣръ такого быстрого измѣненія формы пришлось наблюдать Юнту въ Дартмутъ 7 сентября 1871 года, когда цѣлая группа протуберанцевъ въ теченіе 25 минутъ, въ буквальномъ смыслѣ слова, разсыпалась, какъ это ясно можно видѣть изъ сравненія рисунковъ 102 и 103, изъ которыхъ первый представляетъ видъ упомянутой группы протуберанцевъ въ  $12^h 30^m$ , а второй въ  $12^h 55^m$ . Начальная высота этого образования составила около 2' или, иначе говоря, около 87000 километровъ; отдѣ-



Рис. 102.



Рис. 103.

пныя же массы этого изверженія достигали въ  $12^h 55^m$  высоты, равной 4' или 173000 километровъ; еще черезъ 10 минутъ, т. е. въ  $1^h 5^m$ , такія массы наблюдались даже на высотѣ  $7'49''$ , что составляетъ приблизительно 338000 километровъ. Но этимъ еще не кончилось развитіе описываемаго нами явленія, такъ какъ около этого времени небольшой, но довольно яркій протуберанецъ, который на рисункахъ 102 и 103 обозначенъ буквой *p* и въ которомъ раньше не было замѣно никакихъ особенныхъ измѣненій, постепенно сталъ выростать и въ концѣ концовъ обратился въ довольно большой оплешившій языкъ, постоянно мѣнявшій свою форму. Рисунки 104 и 105 представляютъ видъ этого протуберанца соответственно въ  $1^h 40^m$  и въ  $1^m 55^m$ , т. е. около времени его наибольшаго развитія, когда онъ достигъ высоты, равной 2'. После этого яркость его стала быстро уменьшаться, такъ что около  $2^h 30^m$  онъ уже совершенно исчезъ.

Такія быстрыя измѣненія въ протуберанцахъ за послѣдніе годы наблюдались неоднократно, особенно въ лучеобразныхъ или эруптивныхъ протуберанцахъ, которые иногда достигаютъ повсѣгда изумительныхъ размѣровъ. Подобный примѣръ представлялъ яркій протуберанецъ, наблюдавшійся



Рис. 104



Рис. 105.

Толлономъ 30 августа 1880 года. Онъ появился около 11 часовъ утра на восточномъ краѣ солнца, быстро выросъ до огромныхъ размѣровъ, такъ что въ  $12^h 45^m$  его возвышеніе надъ хромосферой составляло  $8'4$  или 364000 километровъ. Къ вечеру этого онъ также быстро сталъ блѣднѣть, и уже въ 1' пополуночи его еле можно было замѣтить. Еще болѣеюй высоты достигъ протуберанецъ, наблюдавшійся Юнтономъ 7 октября 1880 года. Около  $10^h 30^m$  утра этотъ протуберанецъ имѣлъ видъ рога и, возвышаясь надъ хромосферой не болѣе какъ на 1-2, не представлялъ ничего замѣчательнаго. Подчасъ онъ сталъ весьма яркимъ, и его высота увеличилась приблизительно въ двое, затѣмъ въ теченіе слѣдующаго часа развитіе это быстро продолжалось, и онъ достигъ наконецъ небывалой высоты, равной 13 или 563000 километровъ, что лишь незначительно отличается отъ солнечнаго радіуса, равнаго  $16'$ . Но затѣмъ онъ началъ распадаться: отдѣльныя части его стали быстро блѣднѣть, и уже въ  $12^h 30^m$  онъ

протуберанецъ, наблюдавшійся Толлономъ 30 августа 1880 года. Онъ появился около 11 часовъ утра на восточномъ краѣ солнца, быстро выросъ до огромныхъ размѣровъ, такъ что въ  $12^h 45^m$  его возвышеніе надъ хромосферой составляло  $8'4$  или 364000 километровъ. Къ вечеру этого онъ также быстро сталъ блѣднѣть, и уже въ 1' пополуночи его еле можно было замѣтить. Еще болѣеюй высоты достигъ протуберанецъ, наблюдавшійся Юнтономъ 7 октября 1880 года. Около  $10^h 30^m$  утра этотъ протуберанецъ имѣлъ видъ рога и, возвышаясь надъ хромосферой не болѣе какъ на 1-2, не представлялъ ничего замѣчательнаго. Подчасъ онъ сталъ весьма яркимъ, и его высота увеличилась приблизительно въ двое, затѣмъ въ теченіе слѣдующаго часа развитіе это быстро продолжалось, и онъ достигъ наконецъ небывалой высоты, равной 13 или 563000 километровъ, что лишь незначительно отличается отъ солнечнаго радіуса, равнаго  $16'$ . Но затѣмъ онъ началъ распадаться: отдѣльныя части его стали быстро блѣднѣть, и уже въ  $12^h 30^m$  онъ

всего этого явления не осталось никакого следа. Подобные исполинские протуберанцы неоднократно наблюдались въ 1893 года.

Если смотрѣть на эти явления какъ на действительныя изверженія вещества изъ хромосферы, то придется допустить неизятно большую силу изверженія и огромныя начальныя скорости, достигающія нѣсколькихъ сотъ километровъ въ секунду. Поэтому высказывались иныя предположенія о происхожденіи протуберанцевъ. Такъ, по мнѣнію Корню эти свѣтовые явления на поверхности солнца могутъ быть разсматриваемы, какъ особно рода электрическіе лучи, подобныя лучамъ свѣрнаго сінія. \* Однако, постоянно наблюдаемыя въ спектрѣ протуберанцевъ смѣщенія линий во всякомъ случаѣ указываютъ на движеніе вещества въ этихъ образованияхъ и говорятъ въ пользу перваго объясненія ихъ происхожденія. \*

Въ спектрахъ протуберанцевъ и хромосферы почти всегда можно видѣть четыре свѣтлыя линии, изъ которыхъ три—одна въ красномъ цвѣтѣ, другая въ зеленомудомъ и третья въ фиолетовомъ—суть ни что иное, какъ обращенныя фраунгоферовыя линии *C*, *F* и *h*, принадлежащая водороду, являющемуся такимъ образомъ главною составною частью хромосферы. Но замѣчательно, что четвертая свѣтлая линия въ желтомъ цвѣтѣ не соответствуетъ ни одной изъ фраунгоферовыхъ линий солнечнаго спектра. Эта линия впервые была замѣчена во время полного солнечнаго затмѣнія, наблюдавшагося въ 1868 году въ Индіи. Большинство наблюдателей приняла ее за линию натрія *D*. Но въ томъ же году, когда была открыта способъ наблюдать спектръ протуберанцевъ и хромосферы во всякое время, не ожидая солнечнаго затмѣнія, Локьеру удалось доказать, что эта желтая линия не совпадаетъ ни съ одной изъ двухъ линий натрія, но находится лишь вблизи нихъ и именно нѣсколько дальше отъ края спектра. Кроме того, Локьеръ на основаніи точныхъ сравненій, тогда же пришелъ къ заключенію, что этой линии нѣтъ въ спектрѣ ни одного изъ химическихъ элементовъ, которые были извѣстны въ то время на землѣ. Поэтому онъ приписалъ ее неизвѣстному элементу, находящемуся въ солнечной атмосферѣ въ состояніи раскаленнаго газа. Онъ назвалъ этотъ элементъ гелиемъ, отъ греческаго слова *ἥλιος*, что значить солнце. Желтую же спектральную линію, характерную для этого элемента, онъ обозначилъ буквою *D*<sub>3</sub>. Спектръ хромосферы изображенъ на рисункѣ 2 цвѣтной таблицы, приложенной къ стр. 202—203. Въ этомъ спектрѣ кромѣ линий водорода и гелия, видны еще нѣкоторыя другія. Долгое время полагали, что гелия встрѣчается только на солнцѣ, однако Квилландъ въ 1886 году и Локьеръ въ 1890 и 1892 годахъ обнаружили желтую линію *D*<sub>3</sub> также въ спектрахъ нѣкоторыхъ другихъ небесныхъ тѣлъ. Отсюда уже слѣдовало заключить, что гелия не принадлежитъ исключительно солнцу, но, вообще, довольно распространенъ въ природѣ. Въ 1895 году Рамзай открылъ новый газъ аргонъ, спектръ котораго изображенъ на рисункѣ 3 только-что упомянутой цвѣтной таблицы. Отыскивая различныя вещества, изъ которыхъ можно было бы добыть новый газъ, Рамзай извѣдывалъ, между прочимъ, особый минералъ, называемый клецептомъ. Однако, изучая спектръ газа, выдѣленнаго изъ этого минерала и заключеннаго въ гейсерову трубку, Рамзай убѣдился, что этотъ спектръ состоитъ главнымъ образомъ изъ одной яркой линіи въ желтой его части. Точныя измѣренія показали, что эта линія совпадаетъ съ линіей гелия *D*<sub>3</sub>. Спектръ гелия изображенъ на рисункѣ 4 вышеупомянутой цвѣтной таблицы. Такимъ образомъ гелия наконецъ былъ найденъ и на землѣ. Этотъ газъ нѣсколько тяжелѣе водорода, но гораздо легче всѣхъ другихъ извѣстныхъ элементовъ. \*

Въ спектрахъ нижнихъ частей такихъ протуберанцевъ, которые достигаютъ значительныхъ размѣровъ, особенно если эти протуберанцы принадлежатъ къ типу эрлвинныхъ, во время ихъ развитія, т. е. въ то время, когда матерія изъ хромосферы устремляется вверхъ, часто наблюдается, кромѣ вышеупомянутыхъ линій водорода и гелия, большое число другихъ свѣтлыхъ линій, характеризующихъ собою металлы. \* Таковы линіи кальція,

натрия, магния, железа и т. д. Вѣдѣніе этого подобнаго рода протуберанца называются металлическими, въ отличіе отъ водородныхъ, спектръ которыхъ состоитъ изъ немногихъ яркихъ линій водорода, тѣли и кальция, и которые по своему вѣншему виду относятся къ линіи облакообразныхъ. • Однако, чѣмъ выше надъ хромосферой находится изсѣдуемая часть металлическаго протуберанца, тѣмъ изъ меньшаго числа свѣтлыхъ линій состоитъ ея спектръ, который въ концѣ концовъ сводится къ четыремъ вышеупомянутымъ линіямъ *C, F, h* и *D<sub>3</sub>*.

Эти наблюденія въ связи съ упомянутымъ выше смѣщеніемъ линій въ спектрѣ протуберанцевъ, а также въ связи съ ихъ наружнымъ видомъ указываютъ на то, что эти образования обзаны своимъ происхожденіемъ стремительнымъ изверженіемъ газовъ, которые имѣютъ мѣсто подъ хромосферой. Вѣдѣніе такихъ изверженій раскаленныхъ водорода, изъ которыхъ, какъ показываютъ вышеописанныя спектральныя наблюденія, главнымъ образомъ состоитъ хромосфера, съ ужасною силою устремляется въ солнечную атмосферу, и такимъ образомъ образуются протуберанцы. При болѣе энергичныхъ изверженіяхъ вырываются и наружу сквозь хромосферу и достигаютъ известной высоты раскаленные газовыя массы изъ внутреннѣхъ частей солнечнаго ядра. Эти-то газы и даютъ въ спектрахъ нижнихъ частей протуберанцевъ рядъ свѣтлыхъ линій, о которыхъ мы говорили выше. Чѣмъ больше плотность этихъ газовъ, тѣмъ раньше опускаются они снова внизъ. Поэтому понятно, что спектры болѣе высокихъ частей протуберанцевъ характеризуются меньшимъ числомъ линій. Наибольшей же высоты въ протуберанцахъ достигаютъ, какъ и слѣдовало ожидать, наиболѣе легкіе газы, именно водородъ и тѣліи.

Далѣе заслуживаетъ упоминанія еще то обстоятельство, что иногда въ спектрѣ хромосферы наблюдалось одновременное обращеніе большаго числа фраунгоферовыхъ линій, иначе говоря, темныя фраунгоферовы линіи внезапно дѣлались свѣтлыми. Такого рода наблюденія лучше всего удаются на высокихъ горахъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ спектръ рассеяннаго свѣта, по весьма понятной причинѣ, оказываетъ менѣе вредное вліяніе на наблюденія. Такое обращеніе линій объясняется постоянными смѣнами бурныхъ изверженій въ хромосферѣ.

\* Отъ только что описаннаго явленія необходимо отличать другое, состоящее въ слѣдующемъ. При изученіи солнечнаго спектра во время полнаго солнечнаго затмѣнія, въ нѣкоторый моментъ передъ полною фазой или сейчасъ послѣ нея можно замѣтить на мгновенно превращеніе всѣхъ темныхъ фраунгоферовыхъ линій въ свѣтлыя. Такой фактъ указываетъ на то, что надъ фотосферой солнца лежитъ такъ называемый обращающій слой и уже только надъ этимъ послѣднимъ находится хромосфера. Обращающій слой представляетъ собою весьма тонкую оболочку, ширина которой составляетъ, вѣроятно, около 1" или 2". Поэтому-то обращеніе фраунгоферовыхъ линій можно наблюдать только въ теченіе весьма короткаго промежутка времени, когда луна, передъ началомъ полною фазы, покрывъ блестящій слой фотосферы, оставляетъ еще непокрытымъ обращающій слой или, при окончаніи полною затмѣнія, сойдя съ обращающаго слоя, еще скрываетъ отъ нашихъ глазъ фотосферу Юнга, а въ послѣднее время Толлоу и другимъ, дѣйствительно, удавалось ловить моментъ, когда темныя фраунгоферовы линіи вдругъ замѣнились свѣтлыми, но, пораженные этимъ красивымъ явленіемъ, они едва могли сосредоточить свое вниманіе на какой-нибудь одной части спектра. Впервые спектръ обращающаго слоя былъ сфотографированъ при помощи такъ называемой призматической камеры (часть IV) во время полною солнечнаго затмѣнія 8 августа 1896 года Шеклестономъ на Новой землѣ и Лебединскимъ въ деревнѣ Чекурской на берегу рѣки Лены.

Только что упомянутая призматическая камера, предложенная Локьеромъ, уже неоднократно употреблялась при наблюденіяхъ полныхъ солнечныхъ затмѣній. Въ общіихъ чертахъ она состоитъ изъ трубы, въ которой передъ объективомъ помѣщается большія

призма, а окуляръ замѣненъ кассетой съ фотографической пластинкой. Въ данномъ случаѣ роль щели спектроסקопа играетъ тонкій серпъ свѣта, образующійся около луннаго края. Этотъ свѣтъ, падая на призму, разлагается ею на простые составные лучи. Каждый изъ этихъ лучей, пройдя черезъ объективъ, даетъ на фотографической пластинкѣ монохроматическое изображеніе упомянутаго серпа.

Слѣдовательно, корона и хромосфера, выступающія изъ-за луннаго края въ моментъ полной фазы затмѣнія, должны повториться на фотографической пластинкѣ въ видѣ козлецъ или серповъ въ различныхъ частяхъ спектра; протуберанцы же представляются въ томъ же самомъ видѣ, какой они имѣютъ въ дѣйствительности. Наиболѣе интересныя изображенія протуберанцевъ соответствуютъ линіямъ *H* и *K*. Рис. 106 изображаетъ снимокъ группы протуберанцевъ, полученный Шеклетономъ при помощи призматической камеры въ линіи *K* во время полного солнечнаго затмѣнія 16 апрѣля 1893 года. Если при помощи призматической камеры сдѣлать снимокъ до наступленія полной фазы, то получится спектръ, похожій на обыкновенный солнечный спектръ, съ тою лишь разницею, что въ немъ темныя фраунгоферовы линіи замѣнены темными серпами. Если же снимокъ будетъ сдѣланъ въ тотъ моментъ, когда лунный дискъ, закрывъ фотосферу, еще не нагнулся на обращающій слой, то на фотографическомъ снимкѣ долженъ получиться рядъ яркихъ серповъ или козлецъ на мѣстѣ прежнихъ темныхъ. Шеклетонъ въ 1896 году получилъ на своемъ снимкѣ нѣсколько сотъ такихъ яркихъ серповъ. Изъ нихъ около 250 лежатъ въ фіолетовой части спектра между линіями *F* и *H*. Большая часть ихъ суть ни что иное, какъ обращенныя фраунгоферовы линіи. Около 25 изъ этихъ серповъ отличались болѣе значительными размѣрами и представляли изображенія хромосферы и выступовъ.

Впрочемъ, въ спектрѣ обращающаго слоя не доставало яркихъ серповъ, соответствующихъ нѣсколькимъ, правда, весьма немногочисленнымъ, но довольно замѣтнымъ фраунгоферовымъ линіямъ. Вѣроятно, это нужно объяснить тѣмъ, что данныя линіи проходятъ не надъ поверхностью фотосферы, а въ ея глубинахъ. \*

Появленіе протуберанцевъ не связано ни съ какой определенной областью солнечной



Рис. 106.

поверхности; но во всякомъ случаѣ наибольшее число протуберанцевъ наблюдается въ тѣхъ зонахъ, въ которыхъ происходитъ образование пятенъ, и, кромѣ того, въ этихъ зонахъ протуберанцы обыкновенно достигаютъ наиболѣе значительныхъ размѣровъ. Протуберанцы же, появляющіеся въ высшихъ широтахъ, поблизи полюсовъ, отличаются совершенно особеннымъ характеромъ: они принадлежатъ обыкновенно къ типу облакообразныхъ и обладаютъ небольшими размѣрами, между тѣмъ какъ металлическіе или эруптивные протуберанцы встрѣчаются почти исключительно въ тѣхъ зонахъ, гдѣ проявляется вѣтнобразовательная дѣятельность солнца. Тѣсная связь эруптивныхъ протуберанцевъ съ солнечными пятнами явствуетъ также и изъ того, что число первыхъ увеличивается и уменьшается вмѣстѣ съ увеличеніемъ и уменьшеніемъ числа послѣднихъ. Кромѣ того, на основаніи изслѣдованій Ресинги и Секки, оказывается, что съ приближеніемъ эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца область образованія эруптивныхъ протуберанцевъ, подобно области образованія пятенъ, приближается къ солнечному экватору. Нѣкоторые наблюдатели полагаютъ, что связь протуберанцевъ съ пятнами простирается еще дальше. Именно, Шпереръ, Секки и др. думаютъ, что появленіе первыхъ всегда предшествуетъ образованію послѣднихъ; а Таккини даже пришелъ къ убѣжденію, что основываясь на обстоятельствахъ, сопровождающихъ появленіе протуберанцевъ, можно предсказать образованіе группы пятенъ.

Наконецъ, неоднократно удавалось наблюдать протуберанцы посреди большихъ солнечныхъ пятенъ. Такой случай имѣлъ мѣсто, напр., въ большомъ солнечномъ пятнѣ, которое наблюдалось астрономомъ Таккини 18 ноября 1882 года и о которомъ мы уже упоминали выше (§ 21). Ядро этого пятна было раздѣлено на двѣ части мостикомъ, состоящимъ изъ яркой матеріи. Когда же Таккини расширилъ щель спектроскопа, то этотъ мостикъ представился сто лѣтамъ въ видѣ яркой трубки протуберанцевъ.

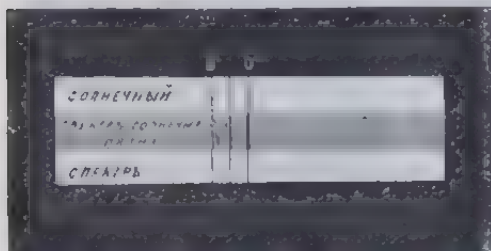


Рис. 107.

Подобное же явленіе наблюдалъ Юнгъ 28 сентября 1870 года. Далье, Готье, Шпереръ, Секки и др. замѣтили, что нередко протуберанцы наблюдаются на двухъ концахъ одного и того же диаметра солнечнаго диска. Это обстоятельство заслуживаетъ особеннаго вниманія, потому что и для солнечныхъ пятенъ Де-ля-Рю, Ствартомъ и Леви было доказано подобное же расположеніе (§ 16).

Спектръ солнечныхъ пятенъ отличается отъ спектра окружающихъ частей солнечной поверхности главнымъ образомъ тѣмъ, что въ немъ нѣкоторыя изъ фраунгоферовыхъ линій тѣмъ же шире и рѣзче (рис. 107), и кромѣ того въ немъ появляются также новыя темныя линіи, которыхъ во второмъ спектрѣ вовсе нѣтъ. Эти явленія указываютъ, по всей вѣроятности, на то, что тѣмъ, входящимъ непосредственно надъ солнечными пятнами, обладаютъ болѣе значительное плотностью, чѣмъ газы, вообще входящіе въ составъ солнечной оболочки, или что температура первыхъ ниже температуры послѣднихъ; а, можетъ быть, и оба эти обстоятельства имѣютъ мѣсто одновременно. Далье, въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ иногда наблюдалось образованіе отдельныхъ фраунгоферовыхъ линій и особенно вторичныхъ линій *C* и *F*. \* Наконецъ, во временахъ, въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ замѣчается искаженіе и смѣщеніе линій, это указываетъ на сильныя движенія въ газахъ, находящихся надъ пятнами. \*

§ 27 **Физическое строеніе солнца.** Мнѣнія астрономовъ о физическомъ строеніи солнца весьма разнообразны, и это зависитъ главнымъ образомъ отъ того, что еще до сихъ поръ не могли прийти къ какому-нибудь одному заключенію относительно природы солнечныхъ пятенъ. Вскорѣ послѣ открытія пятенъ, нѣкоторые ученые считали ихъ планетами,

которые обращаются около солнца, подобно Меркурию и Венере, но только на более близких расстояниях от центрального тела. Этими мнимыми планетами были даже даны особые имена. Так, астроном Гарде назвал их «*Lunas Borbonicas*», а Малаперти «*Sidera austriaca*», что значит австрийские звезды; поводом к этому последнему названию послужило то обстоятельство, что солнечные пятна были открыты австрийским иезуитом Шейнером (§ 20). Другие астрономы были, наоборот, того мнения, что солнце состоит из темного ядра, покрытого огненной оболочкой или, так сказать, огненным океаном, и что в этом океане происходят приливы и отливы, благодаря которым обнажается его дно или, впрочем, вершины гор, поднимающихся с этого дна.

Объ эти гипотезы в настоящее время не выдерживают никакой научной критики; но уже гораздо большего внимания заслуживает теория Вильсона-Гершеля, на основании которой внешняя оболочка солнца, раскаленная и чрезвычайно яркая, удерживается на значительной высоте над солнечным ядром благодаря находящейся под нею крайне упругой и прозрачной жидкости. Подъ этой жидкостью лежит, в свою очередь, другая оболочка, мало прозрачная и облакообразная, и только уже под этой последней находится темное твердое ядро солнца. Если вследствие каких-нибудь переворотов на солнце разрывается внешняя огненная оболочка, которая есть ни что иное, как фотосфера, то по краям образовавшихся через это отверстий напрождается в видъ вала раскаленная огненная материя, свѣтъ которой, безпрепятственно проникая через прозрачную жидкость, лежащую подъ первой оболочкой, освѣщаетъ поверхность внутренней темной облакообразной оболочки, освѣщенная часть этой последней и представляется намъ въ видѣ солнечныхъ пятенъ непостояннаго цвѣта, между тѣмъ какъ огненная материя, накопившаяся вблизи краевъ пятна, даетъ начало факеламъ. Если же перевороты, происходяще на поверхности солнца, достигаютъ такихъ огромныхъ размѣровъ, что прорывается также и вторая оболочка, которая вследствие этого тоже разрывается, то въ такомъ случаѣ обнажается также и поверхность темнаго солнечнаго ядра, и обнаженная часть этого послѣдняго, получающая весьма considerable количество свѣта отъ внешней оболочки или фотосферы, представляется намъ въ видѣ чернаго ядра солнечнаго пятна, между тѣмъ какъ лежащая кругомъ его части внутренней оболочки образуютъ полугѣбныя пятна.

Эта теорія, которая въ главныхъ своихъ чертахъ была высказана, такъ сказать, пророчески, еще въ XV-омъ столѣтїи Николаемъ Кузанскимъ, была почти единогласно принята всеми современниками В. Гершеля, а также и позднѣйшими астрономами; однако она противорѣчитъ основнымъ принципамъ современной физики, и потому мало-по-малу она была совершенно оставлена. Но вѣдьмъ ея еще никакая другая гипотеза до сихъ поръ не получила всеобщаго распространенія, это объясняется главнымъ образомъ тѣмъ, что ученые все еще не могутъ прийти къ какому нибудь одному заключенію въ вопросѣ о положенїи солнечныхъ пятенъ относительно фотосферы. Большая часть какъ астрономовъ-практиковъ, такъ и астрономовъ-теоретиковъ, занимавшихся этими вопросомъ (Швабе, Секки, Цельнеръ, Фай, Юнгъ и другіе), считаютъ солнечныя пятна за углубленія въ фотосферѣ, однако въ недостаткѣ также и въ такихъ астрономахъ, которые полагаютъ, что солнечныя пятна находятся на одномъ уровнѣ съ фотосферой (Петерсъ и др.), наконецъ некоторые ученые (Кирхгофъ, Шпереръ и др.) думаютъ, что пятна образуются выше фотосферы, именно въ такъ называемой солнечной атмосферѣ. Сообразно съ этимъ расходятся взгляды ученыхъ также и относительно физическаго строенія солнца. Кирхгофъ и вмѣстѣ съ нимъ Шпереръ рассматривали солнце какъ огненножидкій шаръ, обруженный, подобно нашей землѣ, атмосферой. Въ этой послѣдней происходятъ такія-же явленія, какъ и въ нашей атмосферѣ именно, вследствие мѣстнаго пониженія температуры въ ней образуются облака, которые, впрочемъ, по своему химическому составу весьма отличны отъ нашихъ. Цельнеръ также считалъ солнце огненножидкимъ шаромъ; но пятна, несмотря на значительныя



измѣненія ихъ формы, представляють, по его мнѣнью, болѣе постоянныя образованія, чѣмъ это было бы допустимо сообразно съ агрегатнымъ состоянiемъ облаковъ. Поэтому пятна оны представляють себя какъ твердые шлакообразные продукты охлажденiя огненножидкаго ядра, которые въ дѣствiе болѣеи плотности въ сравненiи съ веществомъ самаго ядра опускаются все глубже и глубже и благодаря этому мало-по-малу снова расплавляются. Другiе изслѣдователи (Секки, Фай и т. д.) приписываютъ всему солнечному ядру или по крайней мѣрѣ верхнимъ его слоямъ, которые мы можемъ видѣть, газообразное состоянiе. Относительно же происхожденiя пятенъ мнѣнiя опять раздѣляются: одни полагають, что пятна образуются въ дѣствiе сравнительно холодныхъ теченiй, которыя съ ужасной силой устремляются изъ солнечной атмосферы внизъ; другiе же объясняютъ происхожденiе пятенъ, наоборотъ, изверженiями вещества изъ внутреннихъ частей солнечнаго ядра. Впрочемъ изложенiе отдѣльныхъ теорiй относительно физическаго строенiя солида представляется довольно затруднительнымъ, такъ какъ нередки случаи, когда ученые, предложивше ту или другую теорiю, впоследствии болѣе или менѣе значительно видоизмѣняли ее. Съ другой стороны въ настоящее время едва ли найдется вообще два такихъ изслѣдователя, теорiй которыхъ согласовались бы между собою во веѣхъ своихъ главнѣйшихъ пунктахъ.

« Несмотря на это мы считаемъ великимъ дать нашимъ читателямъ краткое изложенiе одной теорiи, которая въ настоящее время считается наиболѣе удовлетворительною. Эта теорiя, развитая итальянскимъ астрономомъ Секки и дополненная американскимъ профессоромъ Юнгомъ, состоитъ въ слѣдующемъ.

Солнечное ядро, по всей вѣроятности, находится въ газообразномъ состоянiи; на это указываютъ какъ небольшая средняя плотность солнца (§ 1), такъ и весьма высокая температура его (§ 28). Въ составъ солнечнаго ядра входятъ въ газообразномъ или, вѣрнѣе, въ парообразномъ состоянiи различныя химическiе элементъ. Въ дѣствiе чрезвычайно высокой температуры они находятся въ состоянiи диссоцианiи, т. е. не могутъ вступать въ химическiя соединенiя другъ съ другомъ. Но во всякомъ случаѣ пары и газы, изъ которыхъ состоитъ солнечное ядро, находятся въ агрегатномъ состоянiи, совершенно отличномъ оы агрегатномъ состоянiи тѣхъ газовъ, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ нашихъ лабораторiяхъ. Это зависитъ не только отъ неизменно высокой температуры солнца, но также и отъ огромнаго давленiя, которому на немъ подвержены эти газы. Тѣмъ не менѣе эти газы подчиняются известнымъ тремъ физическимъ законамъ, именно 1) закону Бойля-Мариотта, по которому при постоянной температурѣ объемъ газа обратно пропорционаленъ давленiю, 2) закону Гей-Люссака, на основанiи котораго при постоянномъ давленiи объемъ газа непрерывно увеличивается съ возрастанiемъ температуры, и 3) закону Дальтона, по которому, въ случаѣ смѣси газовъ, эти послѣднiе распределяются другъ въ другъ такъ же, какъ въ пустотѣ. Плотность газовъ въ центральныхъ частяхъ солнечнаго ядра болѣе, чѣмъ на его поверхности, она даже болѣе плотности воды, и потому эти газы, по всей вѣроятности, похожи на вязкое тѣло въ родѣ нашей смолы.

На поверхности солнца, въ дѣствiе лученепусканiи, температура понижается, и пары начинаютъ стучаться въ туманы, въ капельножидкiя облака, окличающiяся блестящимъ блескомъ. Такимъ образомъ объясняется происхожденiе фотосферы (§ 10). Въ дѣствiе различныхъ весьма бурныхъ процессовъ, происходящихъ на солнцѣ, эти облака фотосферы разрываются на части, отчего фотосфера и представляется и мѣ состоящей изъ отдѣльныхъ чешуекъ или гранулъ (§ 10).

Облака фотосферы плаваютъ въ атмосферѣ, содержащей значительное количество еще не ступившихся тѣхъ же самыхъ паровъ, изъ которыхъ они сами образовались, совершенно по той же причинѣ, какъ въ нашей земной атмосферѣ въ воздухъ, окружающемъ облака, носятся водяные пары. Эта-то солнечная оболочка, содержащая различныя пары и, по всей вѣроятности, весьма тонкая, и есть такъ называемый обращающiй слой (§ 26). Этотъ

слои, поглощая лучи, испускаемые раскаленным веществом солнечного ядра, дают начало темным фраунгоферовым линиям в солнечном спектре. Впрочем большая часть фраунгоферовых линий обязана своим происхождением, вероятно, поглощению, которое имеет место в промежутках между облаками фотосферы, ниже верхнего уровня этой последней (§ 26).

Хромосфера и протуберанцы состоят из более постоянных газов, главным образом из водорода и гелия, которые в областях, ближайших к фотосфере, смешиваются с парами обрывающегося слоя, но вообще вырываются на более значительную высоту, чем эти последние. Поэтому хромосфера обыкновенно имеет такой вид, как будто бы она образовалась вследствие извержений раскаленного водорода, вырывающегося, подобно огненным языкам, через промежутки между облаками фотосферы. При этом результатом более энергичных извержений являются протуберанцы, которые, как мы видели выше, могут содержать также пары некоторых металлов (§ 26).

Солнечные пятна представляют собою углубления в фотосфере, вызванные уменьшением давления внутри вследствие извержений, имевших место по соседству с ними. Облакообразный слой фотосферы может легко взрываться. Там, где происходят извержения газов, этот слой приподнимается; по соседству же, для равновесия, должны образоваться углубления, в которые собираются охлажденные продукты извержений. Вследствие этого углубления темнеют и представляются нам в вид солнечных пятен.

Факелы объясняются по этой теории как свивающиеся массы газов кальция, вырвавшиеся из внутренних частей солнца и плавающие на поверхности обрывающегося слоя. Очевидно, что протуберанцы и факелы должны предшествовать образованию пятен. Эти последние, по выражению Юнга, суть сточные трубы фотосферы, через которые, так сказать, стекают продукты извержений.

Распределение пятен в определенных зонах солнечной поверхности, вероятно, находится в связи с прохождением самих пятен. Эти последние являются как следствие извержений, проходивших на солнце, а наблюдения показывают, что наиболее энергичные извержения имеют место в сравнительно узких зонах обеих полушарий солнечной поверхности. Что касается перемещения области образования пятен, то мы уже видели, что такое перемещение объясняется течениями, совершающимися внутри солнца (§ 15). Причина периодических изменений числа пятен, по всей вероятности, также лежит в самом солнце. Перевороты на солнце, влекущие за собою образование пятен, могут быть, аналогичны с периодическими извержениями великих сейсмов. Сначала, течение промежутка покоя происходит накопление внутренних сил, затем следует извержение, освобождающее эти силы. Состояние покоя и извержения чередуются приблизительно через правильные промежутки времени только вследствие медленных изменений тех условий, от которых зависят эти перемены. Ничто подобное, вероятно, происходит и на солнце.

Наконец корона, представляющая атмосферу солнца, по видимому, состоит не из одних только газов, но кроме водорода и гелия (§ 25) содержит также мельчайшие твердые частицы метеорной пыли. Вследствие вращения короны (§ 25) эти частицы мало-по-малу располагаются в плоскостях параллельных плоскости солнечного экватора, чем и обуславливается видимая фигура короны. Вид короны меняется от одного затмения до другого вследствие перевертывания, проходивших на поверхности солнца. \*

§ 28. **Яркость солнечного света и температура солнца.** Яркость солнечного света во много раз превосходит яркость какого бы то ни было источника света на земле, в чем мы легко можем убедиться при помощи весьма простого опыта. Если мы поместим зажженную свечу между лалом и солнцем, то пламя свечи будет представляться на чрезвычайно более ярком солнечном диске только в вид темного пятна. Следовательно яркость пламени свечи, так сказать, совершенно исчезает для нашего

глаза в сравнении съ яркостью солнечнаго свѣта. Даже если мы замѣнимъ въ этомъ огнѣ пламя свѣчи такъ называемымъ друммондовымъ свѣтомъ или еще болѣе яркимъ электрическимъ свѣтомъ, то и въ этомъ случаѣ земные источники свѣта, проектируясь на солнечномъ дискѣ, представлятъ намъ лишь въ видѣ гораздо менѣе яркихъ частей этого послѣдняго.

Первые измѣренія яркости солнечнаго свѣта были произведены Бугеромъ въ 1725 году и Волластономъ въ 1799 году. По опредѣленію этихъ ученыхъ солнце освѣщаетъ единицу поверхности земли въ 60000 разъ ярче, чѣмъ нормальная свѣча, помещенная на разстояніи одного метра. На основаніи новѣйшихъ изслѣдованій это число должно быть немного увеличено. Такъ, Крова, между прочимъ, нашелъ, что яркость солнечнаго свѣта въ 85000 разъ превосходитъ яркость нормальной свѣчи, помещенной на разстояніи одного метра, но при этомъ онъ совершенно не принялъ во вниманіе поглощенія солнечнаго свѣта нашей атмосферой. Но такъ какъ, съ одной стороны, яркость свѣта измѣняется обратно пропорціонально разстоянію, отдѣляющему отъ насъ источникъ свѣта, такъ что, напр., яркость дѣиата источника свѣта на разстояніи 2, 3, 4 . . . метровъ отъ насъ должна быть въ 4, 9, 16 . . . разъ меньше яркости того же источника, помещеннаго на разстояніи одного метра, и такъ какъ, съ другой стороны, разстояніе отъ солнца до земли круглымъ числомъ составляетъ 149000 милліоновъ метровъ, то, чтобы узнать, какое число свѣтей, будучи помещено на такомъ огромномъ разстояніи отъ земли, произведетъ одинаковое съ солнцемъ дѣйствіе, мы должны квадратъ 149000 милліоновъ умножить на 60000 и на 85000, смотря по тому, старое или новое опредѣленіе мы желаемъ имѣть въ виду. Такимъ образомъ мы получаемъ 1330 или 1890 квадриллионовъ, т. е. огромное число, состоящее изъ 28 цифръ и совершенно недоступное нашему пониманію.

Точно также и температура солнца чрезвычайно огромна. Это ясно уже изъ того, что лучистая теплота солнца представляетъ самый главный, если только не единственный источникъ развитія теплоты на нашей землѣ, и также изъ того, что золото и платина, будучи помещены въ фокусъ сильнаго зажигательнаго стекла, расплавляются солнечными лучами въ нѣсколько минутъ. Но напряженность лучистой теплоты, подобно яркости свѣта, измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отдѣляющаго отъ насъ источникъ теплоты. Поэтому легко себѣ представить, какое дѣйствіе должна оказывать солнечная теплота на тѣла, находящіяся на самой поверхности солнца!

Большое интересъ заслуживаютъ опыты, произведенные Ланглеємъ въ 1878 году. При такъ называемомъ бессемерованіи стали, черезъ расплавленную чугуна, помещенный въ конверторѣ, т. е. въ грушевидномъ сосудѣ, который можетъ вращаться около горизонтальной оси для вливанія чугуна и выливанія стали, пропускаютъ черезъ мелкія отверстія струи воздуха, имѣющаго значительное давленіе, вѣдѣтвие чего температура расплавленнаго чугуна повышается до 2000°. Въ извѣстный моментъ бессемерова процесса къ металлу, находящемуся въ конверторѣ, прибавляютъ расплавленнаго чугуна. Цвѣтъ этого яркаго потока въ сравненіи съ металломъ конвертора представляется темно-коричневымъ, при этомъ получается такой контрастъ, какъ будто бы черныя кофе вливаютъ въ бѣлую чашку. Остатительно яркая поверхность расплавленнаго металла, находящагося въ конверторѣ, по интенсивности излучаемой теплоты и по яркости свѣта уже можетъ быть сравнима съ поверхностью солнца. Когда при окончаніи бессемерова процесса расплавленная сталь выливается изъ конвертора, илліина расплавляется не только въ томъ случаѣ, если она введена въ струю вытекающаго металла, но также и въ томъ, если она помещена на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ раскаленной поверхности металла. При помощи особаго прибора Ланглей сравнилъ лучеиспускательныя способности солнца и вытекающаго изъ конвертора металла и нашелъ, что яркость солнечнаго свѣта все еще въ 5300 разъ превосходитъ яркость расплавленной металлической массы. Въ то же самое

время Ланглей посредством термоэлектрической батареи произвел измеренія теплоты и убѣдился, что напряженность теплого излученія солнечной поверхности по крайней мѣрѣ въ 87 или даже въ 100 разъ больше напряженности теплого излученія расплавленного металла.

Глядя низкой температуры испускаетъ огромное число медленныхъ невидимыхъ колебаній. Съ повышеніемъ температуры число болѣе короткихъ волнъ, принадлежащихъ свѣтовымъ и химическимъ лучамъ, увеличивается быстрее, чѣмъ число болѣе длинныхъ волнъ, принадлежащихъ тепловымъ лучамъ. Такимъ образомъ по излученію гѣла, вообще говоря, можно судить о его температурѣ.

Однако, какъ велика такъ называемая аффективная температура солнечной поверхности, т. е. температура, которую должна имѣть покрытая сажей поверхность, по величинѣ равная солнечной поверхности, чтобы давать землѣ столько же тепла, какъ и солнце, этого до сихъ поръ еще не удалось установить даже приблизительно, такъ какъ въ случаѣ чрезвычайно высокихъ температуръ намъ совершенно неизвѣстно, какія зависимости существуютъ между излученіемъ тѣла какииъ-нибудь гѣломъ и температурой этого послѣдняго. Поэтому мы не должны удивляться, что при различныхъ предположеніяхъ относительно этой зависимости получаются для температуры солнца всевозможныя числа отъ 1500° или 2000° (Пулье, Викарь, Вюль и др.) до 5 000 000° (Секан и даже до 9 000 000° (Ватерстонъ). Въ высшей степени важныя опыты Ланглея во всякомъ случаѣ показали, что температура солнца должна быть значительно выше температуры плавленія платины. Нижний предѣлъ температуры солнца едва ли можетъ быть ниже 20 000°; скорѣе надо думать, что онъ превосходитъ это число.

§ 29. Поддержаніе солнечной теплоты 0 количество теплоты, излучаемой солнцемъ, мы имѣемъ болѣе достовѣрныя свѣдѣнія, чѣмъ о температурѣ этого гѣла. Гершелемъ и Пулье на основаніи своихъ классическихъ опытовъ опредѣлили это количество теплоты въ 17 калорій. Это значитъ, что если бы наша земля не была окружена атмосферой, которая поглощаетъ приблизительно половину излучаемой солнцемъ теплоты, то солнечныя лучи могли бы на каждомъ квадратномъ метрѣ земной поверхности при условіи, что они падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, повысить температуру 1 килограмма воды на 17° столбунскаго термометра. Замѣтимъ, что калоріей называется единица теплоты, т. е. такое количество теплоты, которое способно повысить температуру одного килограмма воды на одинъ градусъ Цельсія (§ 4). Число же калорій, получаемыхъ отъ солнца въ теченіе одной минуты какииъ-нибудь квадратнымъ метромъ земной поверхности, при условіи, что солнечныя лучи падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, обыкновенно называется солнечною постоянной. Числовое значеніе этой постоянной, найденное Гершелемъ и Пулье, согласно съ позднѣйшими изслѣдованіями должно быть значительно увеличено. Такъ, на основаніи опытовъ Крова и Вюля солнечная постоянная получается равной 24, на основаніи опытовъ Форбеса и Ланглея — 28 и т. д. Впрочемъ Ланглей считаетъ, что найденное имъ число все еще слишкомъ мало, и предполагаетъ, что оно должно быть увеличено по крайней мѣрѣ до 30. Принимая для солнечной постоянной число 28, мы легко можемъ показать, что земля въ теченіе одной минуты получаетъ отъ солнца 3581 биліонъ калорій, т. е. такое количество теплоты, которое достаточно для того, чтобы повысить температуру 3581 кубическаго километра воды на 1° Цельсія. Количество теплоты, получаемое землею отъ солнца въ теченіе годъ составляетъ 1883 триліонъ калорій; подѣлившись такимъ количествомъ теплоты на поверхности земли ежегодно могла бы оттаять ледяная коръ толщиной въ 46.4 метра.

Однако наша земля получаетъ отъ солнца только весьма незначительную часть всей теплоты, которую оно вообще излучаетъ въ междупланетное пространство. Въ самомъ дѣлѣ, при помощи небольшого вычисленія можно убѣдиться, что на томъ разстояніи отъ солнца,

глаза въ сравненіи съ яркостью солнечнаго свѣта. Даже если мы замѣнимъ въ этомъ очагѣ пламя свѣчи такъ называемымъ друммондовымъ свѣтомъ или еще болѣе яркимъ электрическимъ свѣтомъ, то и въ этомъ случаѣ земные источники свѣта, проектируясь на солнечномъ дискѣ, представляются намъ лишь въ видѣ гораздо менѣе яркихъ частей этого послѣдняго.

Первыя измѣренія яркости солнечнаго свѣта были произведены Вугеромъ въ 1725 году и Волластономъ въ 1799 году. По опредѣленію этихъ ученыхъ солнце освѣщаетъ единицу поверхности земли въ 60000 разъ ярче, чѣмъ нормальная свѣча, помѣщенная на разстояніи одного метра. На основаніи позднѣйшихъ изслѣдованій это число должно быть немного увеличено. Такъ, Крова, между прочимъ, нашель, что яркость солнечнаго свѣта въ 85000 разъ превосходитъ яркость нормальной свѣчи, помѣщенной на разстояніи одного метра, но при этомъ онъ совершенно не принялъ во вниманіе положенія солнечнаго свѣта нашей атмосферой. Но такъ какъ, съ одной стороны, яркость свѣла измѣняется обратно пропорціонально разстоянію, отдѣляющему отъ насъ источникъ свѣта, такъ что, напр., яркость дѣшнаго источника свѣта на разстояніи 2, 3, 4 . . . метровъ отъ насъ должна быть въ 4, 9, 16 . . . разъ меньше яркости того же источника, помѣщенного на разстояніи одного метра, и такъ какъ, съ другой стороны, разстояніе отъ солнца до земли круглымъ числомъ составляетъ 149000 милліоновъ метровъ, то, чтобы узнать, какое число свѣтовъ, будучи помѣщено на такомъ огромномъ разстояніи отъ земли, произведетъ одинаковое съ солнцемъ дѣйствіе, мы должны квадратъ 149000 милліоновъ умножить на 60000 или на 85000, смотря по тому, старое или новое опредѣленіе мы желаемъ имѣть въ виду. Такимъ образомъ мы получаемъ 1330 или 1890 квадриллионовъ, т. е. огромное число, состоящее изъ 28 цифръ и совершенно недоступное нашему пониманію.

Точно также и температура солнца чрезвычайно огромна. Это ясно уже изъ того, что лучистая теплота солнца представляетъ самый главный, если только не единственный источникъ развитія теплоты на нашей землѣ, и также изъ того, что золото и платина, будучи помѣщены въ фокусѣ сферическаго эллипсидальнаго стекла, расплавляются солнечными лучами въ нѣсколько минутъ. Но напряженность лучистой теплоты, подобно яркости свѣта, измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія, отдѣляющаго отъ насъ источникъ теплоты. Поэтому легко себѣ представить, какое дѣйствіе должна оказывать солнечная теплота на тѣла, находящиеся на самой поверхности солнца!

Большого интереса заслуживаютъ опыты, произведенные Ланглемъ въ 1878 году. При такъ называемомъ бессемеровантіи стали, черезъ расплавленный чугуны, помѣщенный въ конверторѣ, т. е. въ грушевидномъ сосудѣ, который можетъ вращаться около горизонтальной оси для вливанія чугуна и выливанія стали, пропускаютъ черезъ мелкія отверстія струи воздуха, имѣющаго значительное давленіе, вѣдствие чего температура расплавленнаго чугуна повышается до 2000. Въ извѣстный моментъ бессемерова процесса къ металлу, находящемуся въ конверторѣ, прибавляютъ расплавленнаго чугуна. Цвѣтъ этого яркаго потока въ сравненіи съ металломъ конвертора представляется темно-коричневымъ; при этомъ получается такой контрастъ, какъ будто бы черныи кофе вливають въ бѣлую чашку. Особѣнно яркая поверхность расплавленнаго металла, находящагося въ конверторѣ, по интенсивности излучаемой теплоты и по яркости свѣта уже можетъ быть сравниваема съ поверхностью солнца. Когда при окончаніи бессемерова процесса расплавленная сталь выливается изъ конвертора, платина расплавляется не только въ томъ случаѣ, если она висѣла въ струю вытекающаго металла, но также и въ томъ, если она помѣщена на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ раскаленной поверхности металла. При помощи особаго прибора Ланглей сравнилъ лучеиспускающія способности солнца и вытекающаго изъ конвертора металла и нашель, что яркость солнечнаго свѣта все еще въ 5300 разъ превосходитъ яркость расплавленной металлической массы. Въ то же самое

время Ланглей посредством термоэлектрической батареи произвелъ измѣренія теплоты и убѣдился, что напряженность теплотаго излученія солнечной поверхности по крайней мѣрѣ въ 87 или даже въ 100 разъ больше напряженности тензотоваго излученія расплавленного металла.

Изъ низкой температуры испускается огромное число медленныхъ невидимыхъ колебаний. Съ повышеніемъ температуры число болѣе короткихъ волнъ, принадлежащихъ свѣтовымъ и химическимъ лучамъ, увеличивается быстрее, чѣмъ число болѣе длинныхъ волнъ, принадлежащихъ тепловымъ лучамъ. Такимъ образомъ по излученію тѣла, вообще говоря, можно судить о его температурѣ.

Однако, какъ велика такъ называемая эффективная температура солнечной поверхности, т. е. температура, которую должна имѣть покрытая сажей поверхность, по величинѣ равная солнечной поверхности, чтобы давать землѣ столько же тепла, какъ и солнце, этого до сихъ поръ еще не удалось установить даже приближенно, такъ какъ въ случаѣ чрезвычайно высокихъ температуръ намъ совершенно неизвѣстно, какая зависимость существуетъ между излученіемъ теплоты какимъ-нибудь тѣломъ и температурой этого послѣдняго. Поэтому мы не должны удивляться, что при различныхъ предположеніяхъ относительно этой зависимости получаются для температуры солнца всевозможныя числа отъ 1500° или 2000° (Пулье, Вилеръ, Вюль и др.) до 5 000 000° (Секки) и даже до 9 000 000° (Ватерстонъ). Въ высшей степени важныя опыты Ланглея во всякомъ случаѣ показали, что температура солнца должна быть значительно выше температуры плавленія платины. Низшій предѣлъ температуры солнца едва ли можетъ быть ниже 20 000°; скорѣе надо думать, что онъ превосходитъ это число.

§ 29. Поддержаніе солнечной теплоты. О количествѣ теплоты, излучаемой солнцемъ, мы имѣемъ болѣе достовѣрныя свѣдѣнія, чѣмъ о температурѣ этого тѣла. Гершелемъ и Пулье на основаніи своихъ классическихъ опытовъ опредѣлили это количество теплоты въ 17 калорій. Это значить, что если бы наша земля не была окружена атмосферой, которая поглощаетъ приблизительно половину излучаемой солнцемъ теплоты, то солнечныя лучи могли бы на каждомъ квадратномъ метрѣ земной поверхности при условіи, что они падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, повысить температуру 1 килограмма воды на 17° стоградуснаго термометра. Замѣтимъ, что калоріей называется единица теплоты, т. е. такое количество теплоты, которое способно повысить температуру одного килограмма воды на одинъ градусъ Цельсія (§ 4). Число же калорій, получаемыхъ отъ солнца въ теченіе одной минуты каждымъ квадратнымъ метромъ земной поверхности, при условіи, что солнечныя лучи падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, обыкновенно называется солнечною постоянной. Числовое значеніе этой постоянной, найденное Гершелемъ и Пулье, согласно съ новейшими изслѣдованіями должно быть значительно увеличено. Такъ, на основаніи опытовъ Крова и Вюля солнечная постоянная получается равной 24, на основаніи опытовъ Форбеса и Ланглея 28 и т. д. Впрочемъ Ланглей считаетъ, что найденное имъ число все еще слишкомъ мало, и предполагаетъ, что оно должно быть увеличено по крайней мѣрѣ до 30. Принимая для солнечной постоянной число 28, мы легко можемъ констатировать, что земля въ теченіе одной минуты получаетъ отъ солнца 3581 биліонъ калорій, т. е. такое количество теплоты, которое достаточно для того, чтобы повысить температуру 3581 кубическаго километра воды на 1° Цельсія. Количество теплоты, получаемое землею отъ солнца въ теченіе года, составляетъ 1883 триллионовъ калорій; подъ дѣйствіемъ такого количества теплоты на поверхности земли ежегодно могла бы оттаять ледная коръ толщиной въ 46,4 метра.

Однако наша земля получаетъ отъ солнца только весьма незначительную часть всей теплоты, которую оно, вообще, излучаетъ въ междупланетное пространство. Въ самомъ дѣлѣ, при помощи небольшого вычисленія можно убѣдиться, что на 10мъ разстояніи отъ солнца,

на которомъ находится наша земля, могли бы помѣститься одинъ подлѣ другого, окружая солнце со всѣхъ сторонъ, 2170 миллионовъ шаровъ, равныхъ по величинѣ нашей землѣ, и такъ какъ свѣтъ и тепло распространяются прямолинейно во всѣ стороны, то очевидно, каждый изъ этихъ шаровъ долженъ былъ бы получать такое же количество теплоты, какъ и наша земля, такъ что въ общемъ солнце въ теченіе одной минуты излучаетъ такое количество теплоты, которое могло бы повысить на одинъ градусъ Цельсія температуру  $7\frac{3}{4}$  биллионовъ кубическихъ километровъ воды. Какъ огромна эта масса воды, можно считать на основаніи того, что диаметръ шара, состоящаго изъ такого количества воды, долженъ былъ бы составлять 24600 километровъ, и этотъ шаръ болѣе чѣмъ въ семь разъ превосходилъ бы по своему объему нашъ земной шаръ. Эти числа почти недоступны для нашего пониманія, но мы пришли бы къ еще болѣе огромнымъ числамъ, если бы пожела-ли вычислить количество теплоты, излучаемой солнцемъ въ теченіе цѣлаго года или въ теченіе еще болѣе продолжительныхъ промежутковъ времени.

При такомъ удивительномъ лучеиспусканіи даже наше солнце, несмотря на свои огромные размѣры, должно было бы быстро охладиться, если бы его тепло не поддерживалась постоянно какимъ-нибудь образомъ. Если мы примемъ теплоемкость \*) того вещества, изъ котораго состоитъ солнце, равной теплоемкости воды, и если выберемъ ее тѣмъ допустимъ, что потеря теплоты, которую испытываетъ солнце вълѣдствіе лучеиспусканія, распределяется равномерно на всю его массу, то легко вычислить, что ежегодное охлажденіе солнца составляетъ  $2,9^{\circ}$  по стотраденскому термометру. Слѣдовательно, въ историческія времена, т. е. въ теченіе 5000 лѣтъ, температура солнца должна была бы уменьшиться на  $14500^{\circ}$  Цельсія.

Въ дѣйствительности же не можетъ быть и рѣчи о равномерномъ охлажденіи всей солнечной массы. Если бы лучеиспусканіе солнца происходило на счетъ нѣкотораго опредѣленнаго запаса теплоты, который не пополнялся бы съ теченіемъ времени, то, очевидно, въ короткій срокъ солнце должно было бы покрыться холодной корой, которая мѣшала бы дальнѣйшему лучеиспусканію. Такимъ образомъ дѣятельность солнца, продолжающаяся въ теченіе многихъ тысячелѣтій, позволяетъ съ полною достовѣрностью сдѣлать заключеніе о томъ, что на солнцѣ гдѣ-либо или другимъ способомъ пополняется запасъ теплоты, расходъ которой достигаетъ такихъ огромныхъ размѣровъ.

Но какимъ же образомъ происходитъ пополненіе запаса солнечной теплоты? Этого мы не можемъ приписать химическимъ процессамъ, такъ какъ небольшое вычисленіе показываетъ, что въ этомъ случаѣ солнце при самыхъ благоприятныхъ условіяхъ, напр., если бы оно представляло собою огромный кусокъ каменнаго угля, горящаго въ чистомъ кислородѣ, могло бы служить источникомъ жизни всей планетной системы лишь въ теченіе немногихъ тысячелѣтій. Не можемъ мы также прибѣгнуть и къ помощи электрическихъ процессовъ, потому что такое объясненіе оказывается еще менѣе удовлетворительнымъ въ томъ случаѣ, когда дѣло идетъ о грандіозныхъ и продолжающихся въ теченіе огромныхъ періодовъ явленіяхъ. Поэтому намъ остается обратиться къ механическимъ процессамъ, отъ которыхъ на первый взглядъ меньше всего можно ожидать подобнаго дѣйствія, такъ какъ у насъ на землѣ при механическихъ процессахъ обыкновенно развивается гораздо меньшее количество теплоты, чѣмъ при горѣніи. Причина этого заключается въ томъ, что мы съ нашими средствами не можемъ воспроизводить механическіе процессы въ достаточно большихъ размѣрахъ. Извѣстно, что тѣло, вѣсящее 1 килограммъ, если оно, двигаясь со скоростью 90 метровъ въ секунду, ударяется о какое-нибудь твердое препятствіе и вълѣдствіе этого оста-

\*) Теплоемкостью даннаго вещества называется число калорій, необходимое для нагрѣванія одного килограмма даннаго вещества на  $1^{\circ}$  Цельсія. Теплоемкость воды, очевидно, равняется единицѣ.

навивается, нагревается на один градус Цельсия при условии, что теплоемкость этого тѣла равна теплоемкости воды. Но такое небольшое количество теплоты развивается только при незначительной скорости движения. По основнымъ законамъ механики количество развивающейся такимъ образомъ теплоты пропорционально квадрату скорости движения, такъ что температура того же самого тѣла повысилась бы на 10000 Цельсия, если бы оно, двигаясь въ 100 разъ скорѣе, т. е. со скоростью 2000 метровъ въ секунду, внезапно остановилось вѣдствие удара. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ развивается гораздо большее количество теплоты, тѣмъ при стирании куска каменнаго угля такого же вѣса, какъ движущееся тѣло.

Во всякомъ случаѣ у насъ на землѣ мы не можемъ получить такихъ большихъ скоростей; зато вообще во вселенной часто встрѣчаются гораздо большія скорости. Такъ называемые метеоры, т. е. небольшія небесныя тѣльца, обрѣцающіяся около солнца подобно нашей землѣ, влетая въ сферу дѣйствія этой послѣдней, начинаютъ падать на нее и выступаютъ въ верхніе слои нашей атмосферы со скоростью отъ 15 до 75 километровъ въ секунду. Такъ какъ благодаря сопротивленію нашей атмосферы это движеніе быстро замедляется, то вѣдствие этого развивается такое большое количество теплоты, что метеоры весьма сильно накаивются и по большей части совершенно сгораютъ. мы въ это время можемъ любоваться извѣстнымъ явленіемъ падающихъ звѣздъ. Но если подъ притягательнымъ дѣйствіемъ земли массы космическаго вещества, пролетающія вблизи отъ нея, съ весьма значительною скоростью падаютъ на нее, то тѣмъ болѣе то же самое должно происходить съ массами, пролетающими въ весьма близкомъ разстояніи отъ солнца, этого самаго могущественнаго тѣла нашей планетной системы? Нетрудно вычислить, что масса космической матеріи, вѣсящая 1 килограммъ, влетая въ сферу притяженія солнца и вѣдствие этого падая на него, достигаетъ поверхности этого центральнаго тѣла со скоростью 660 километровъ въ секунду. При ударѣ этой массы о поверхность солнца мгновенно теряется вся ея огромная скорость, и вѣдствие этого развивается такое количество теплоты, которое способно повысить температуру массы упавшей на поверхность солнца, въ  $52\frac{1}{4}$  миллиона градусовъ Цельсія, или температуру массы, которая въ 1000000 разъ больше упавшей массы, на  $52\frac{1}{4}^{\circ}$  Цельсія. При этомъ мы предполагаемъ, что теплоемкость даннаго вещества равна теплоемкости воды, т. е. что извѣстное количество теплоты повышаетъ температуру, напр., одного килограмма даннаго вещества на такое же число градусовъ, какъ и температуру одного килограмма воды. Если же теплоемкость даннаго вещества меньше и равняется теплоемкости желѣза или руды, т. е. составляетъ соответственно  $\frac{1}{9}$  или  $\frac{1}{33}$  теплоемкости воды, то и повышение температуры вѣдствие столкновенья должно быть соответственно въ 9 или въ 33 раза больше.

Изъ вышесказаннаго ясно, что, если механические процессы въ томъ видѣ, какъ мы можемъ воспроизводить ихъ у насъ на землѣ, вообще и не могутъ сравниваться съ другими процессами, напр., химическими, по количеству развивающейся при этомъ теплоты, то все же эти процессы являются самыми обильными источниками теплоты въ томъ случаѣ, когда они достигаютъ огромныхъ размѣровъ, какъ это бываетъ въ междупланетномъ пространствѣ. Ньютонъ, составивши себѣ вполнѣ ясное представленіе о строгости вселенной, первый сдѣлалъ предположеніе, что безпрерывное уменьшеніе солнечной массы вѣдствие излученія свѣта и теплоты вознаграждается постоянно происходящимъ паденіемъ кометъ на поверхность солнца. Этотъ великій изслѣдователь для объясненія явленій свѣта и теплоты допускалъ, какъ выше (§ 3) было упомянуто, что свѣтящаяся и нагреваемая тѣла испускаютъ матеріальныя частицы особаго вещества, и согласно съ этимъ взглядомъ полагалъ, что вѣдствие излученія свѣта и теплоты въ тѣлѣ должна происходить постоянная потеря вѣсомой матеріи. Но сообразно съ нашими новѣйшими возрѣніями на свѣтъ и теплоту нѣтъ необходимости прибѣгать для объясненія поддержанія солнечной теплоты къ предпо-



доженію объ увеличеніи солнечной массы, происходящему вследствие излученія кометы на поверхность солнца, такъ какъ по теории волнообразнаго колебанія звѣра излученіе свѣта и теплоты объясняется, какъ мы знаемъ (§ 3), движеніемъ. Согласно съ нашими настоящими предположеніями объ этомъ явленіи было бы вполне целесообразно сравнить солнце съ издающимъ звукъ колоколомъ. Если бы колоколь, будучи приведенъ въ движеніе, не испытывалъ никакого сопротивленія, то онъ могъ бы и долженъ былъ совершать разъ сообщенные ему размахы вѣчно. Въ этомъ случаѣ мы не слышали бы никакого звука, такъ какъ повисшее это послѣднее возможно лишь при распространеніи движенія, но по мѣрѣ того, какъ колоколь сообщаетъ свои колебанія окружающей средѣ, которая оказываетъ сопротивленіе его размахамъ, его движеніе по необходимости замедляется и онъ въ концѣ концовъ приходитъ въ положеніе покоя. Для того, чтобы колоколь снова началъ издавать звуки, необходимо опять привести его въ движеніе, воспользовавшись для этого какой нибудь вѣнчикомъ. Силою это то сила и является такимъ образомъ причиной того, что звукъ не прекращается.

То, что выше было сказано о колоколѣ, вполне примѣнимо также и къ солнцу, отъ котораго мы получаемъ свѣтъ и теплоту, такъ какъ и свѣтъ и теплота суть ничто иное какъ особаго рода колебанія звѣра (§ 3), и въ этомъ отношеніи оба эти небесные дара имѣютъ сходство со звукомъ, который, какъ мы знаемъ, представляетъ собою колебанія воздуха. Съ особеннью, наша вѣра заключается не въ томъ, чтобы паденіемъ массы космическаго вещества на поверхность солнца объяснилъ неизмѣнность массы этого тѣла, такъ какъ оно, излучая свѣтъ и теплоту, не теряетъ ни одной матеріальной частички. Вѣдѣние лучисенускали солнце тѣмъ, что по нашимъ новѣйшимъ понятіямъ нѣкоторое количество матеріи по мы выше видели, что небольшая масса космическаго вещества, ударивъ о поверхность солнца, можетъ служить причиной развитія огромнаго количества тепловой энергии. Однако эти кометы, въ которыхъ пребываютъ Нейтоны, не въ состояніи покрыть всего расхода теплоты. Въ самомъ дѣлѣ мы знаемъ, что масса кометы изъ этихъ небесныхъ тѣлъ слишкомъ незначительна, чтобы вѣние ихъ на солнце могло на долгое время понизить запасъ солнечной теплоты. Съ другой стороны мы не должны забывать, что комета обращается около солнца какъ около центральнаго тѣла, и потому только весьма немногія изъ нихъ могутъ столкнуться съ солнцемъ.

Но пространство, занимаемое всей нашей солнечной системой, повидимому, наполнено не только планетами и кометами, но также еще огромнымъ числомъ разнообразныхъ массъ космическаго вещества, которыя влѣтѣе ихъ чрезвычайно малой величины могутъ быть рассматриваемы какъ космические атомы \*), и которыя, подчиняясь закону всемірнаго притяженія, вращаются вокругъ солнца по эллиптическимъ кривымъ. Какъ эти массы космическаго вещества такъ и кометы нашей солнечной системы по необходимости должны съ вѣмъ постепенно приближаться къ солнцу. Въ самомъ дѣлѣ, мы знаемъ объ этомъ не можемъ допустить, что пространство между отдельными тѣлами нашей солнечной системы ничѣмъ не занято, мы уже выше видели, что для распространенія свѣта и теплоты безъ этого необходимо присутствіе такъ называемаго звѣра этого въ нашей системѣ упрямое вещество, которое глѣмъ образомъ наполняетъ все междупланетное пространство и вмѣстѣ съ тѣмъ составляетъ вѣрнѣе терпѣливыя тѣла. Но если допустить существованіе звѣра, то этого не должно ожидать около солнца, хотя и очень незначительнаго сопротивленія влѣтѣе кометъ небесныхъ тѣлъ, такъ что эти тѣла не могутъ вѣрнѣе по замедленнымъ кривымъ какъ въ абсолютной пустотѣ, но вследствие сопротивленія звѣра должны съ теченіемъ времени обивать около солнца все болѣе и болѣе, и въ концѣ концовъ должны упасть на него. Какъ бы ни была велика

\*) Атомы — малѣйшія частицы вещества, не вѣрнѣе и не вѣрнѣе частицы его.

тот промежуток времени, по истечении которого всё тѣло нашей планетной системы сольется съ солнцемъ, все же всё они въ концѣ концовъ придутъ въ этотъ центральный гѣзвъ, служившимъ въ теченіе безконечнаго числа тысячелѣтій источникомъ ихъ жизни, свою общую мошлу. При паденіи всякаго тѣла планетной системы на поверхность солнца происходитъ сильный толчокъ и развивается весьма большое количество теплоты, вполне достаточное для поддержанія жизни гѣзвъ членовъ этой системы, которые еще не подверглись такой печальной участи.

На основаніи вышесказанной гипотезы, которая въ главныхъ чертахъ была развита Майеромъ, поддержаніе солнечной теплоты обуславливается паденіемъ на солнце массъ космическаго вещества, носящихся въ междупланетномъ пространствѣ. Но на вопросъ, достаточно ли одной этой причины для пополненія той потери теплоты, которая постоянно происходитъ вълѣдствіе огромнаго лученеиспусканія солнца, мы можемъ отвѣтить утвердительно только въ томъ случаѣ, если допустимъ непрерывное паденіе значительныхъ массъ космической матеріи. Однако, въ такомъ случаѣ масса солнца въ короткое время должна была бы увеличиться настолько, что это не могло бы остаться безъ вліянія на продолжительность времени обращенія планеты, но такъ какъ этого вліянія до сихъ поръ не удалось обнаружить, то главный источникъ развитія солнечной теплоты необходимо искать въ чемъ-нибудь другомъ, хотя небольшая часть ея, дѣйствительно, можетъ быть обрѣта своимъ происхожденіемъ паденію космическихъ массъ на солнце. Гельмгольцъ впервые въ 1853 году указалъ на другой источникъ развитія солнечной теплоты, который при болѣе подробномъ разсмотрѣніи оказывается самымъ обильнымъ. Известно, что при охлажденіи тѣла сжимаются, и поэтому, если раскаленная солнечная поверхность вълѣдствіе лученеиспусканія охлаждается, то она должна сжаться, и наружные слои должны оказать давленіе на внутренне, слѣдствіемъ чего является развитіе значительнаго количества теплоты, увеличеніе которой съ увеличеніемъ давленія. Но численно Гельмгольцъ уже при уменьшеніи солнечнаго діаметра на  $\frac{1}{10000}$  своей величины, т. е. на 139 километровъ, должно равняться количество теплоты, способное повлечь на 2860° Цельсія температуру такой массы воды, объемъ которой равенъ объему солнца. Но согласно съ вышесказаннымъ солнцемъ вѣдствіе излученія теплоты ежегодно охлаждается на 2,9°, поэтому такого значительнаго уменьшенія солнечнаго діаметра достаточно, чтобы покрыть расходъ теплоты приблизительно въ теченіе тысячелѣтій, и такимъ образомъ свое охлажденіе солнца является при этой той, что значительная часть солнечной теплоты можетъ сохраниться неизмѣнной еще на долгое время. Имѣя въ виду, что плотность вещества, изъ котораго состоитъ солнце, по всей вѣроятности, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру этого тѣла, и допуская, что въ прежнія времена лученеиспусканіе солнца происходило сферично, чѣмъ гдѣ-то, В. Гомеоль вычислилъ, что наше солнце существуетъ не болѣе 20 милліоновъ лѣтъ и что въ будущемъ его дѣятельности хватитъ еще на 5 или 6 милліоновъ лѣтъ.

Наконецъ Айткенъ обратилъ вниманіе на то, что для объясненія неизмѣнности солнечнаго лученеиспусканія въ вѣдствіе весьма значительнаго промежутка времени вѣдствіе необходимости считать неизмѣнной также и температуру солнца. Известно, что различные вещества обладаютъ неодинаковою лученеиспускательною способностью, такъ что, напр., плазма Будиневской горѣлки излучаетъ меньше теплоты, чѣмъ обыкновенное каменное пламя, хотя температура первая выше температуры второй. Точно также химическіе элементы обыкновенно излучаютъ меньше теплоты, чѣмъ ихъ соединенія, и кромѣ того количество теплоты, излучаемой соединениями, тѣмъ больше, чѣмъ сложнее составъ соединенія. Но такъ какъ при пониженіи температуры болѣе простые вещества переходятъ въ болѣе сложные, то вѣдствіе необходимости въ томъ, чтобы при значительномъ пониженіи температуры солнца уменьшалось также и направленіе лучистой энергии его, если только въ то же самое время мѣняется химическій составъ излучающаго тѣла въ нашей планетной системѣ.

## Г Л А В А II.

## Гипотетическія Интрамеркуріальныя планеты.

§ 30 Теоретическія соображенія. Приблизительно 30 лѣтъ тому назадъ, повинуясь, вѣроятно, возможности расширить наши знанія относительно нашей планетной системы и притомъ такимъ удивительнымъ образомъ, что мы считаемъ необходимымъ остановиться несколько подробнѣе на изложеніи этого предмета.

Извѣстный Леверье, открывши на основаніи теоретическихъ соображеній и вычисленій планету Нептунъ, поставилъ задачей своей жизни подвергнуть пересмотру элементы орбитъ 8 большихъ планетъ нашей солнечной системы и получить для этихъ элементовъ новыя значенія, являющіяся удовлетворяющія требованіямъ нашего времени. Во второй половинѣ замѣчательныхъ годовъ онъ занимался весьма обстоятельнымъ изслѣдованіемъ движенія планеты Меркурія для проверки полученныхъ имъ элементовъ этой планеты онъ, между прочимъ, сравнилъ, несколько удовлетворительно представляются имъ 21 прохождение Меркурія черезъ солнечный дискъ, наблюдавшіяся въ XVIII и во второй половинѣ XVII столѣтій, такъ какъ и въ этихъ прохожденіяхъ можно было вывести взаимное угловое разстояніе центровъ солнца и планеты съ большою точностью, чѣмъ изъ старыхъ меридіанныхъ наблюденій. При этомъ ему сразу бросилось въ глаза, что между наблюдаемыми и вычисленными положеніями Меркурія существуютъ систематическія разности, которыя могли бы быть, напримеръ, объяснены едва ли допустимымъ предположеніемъ, что такие астрономы, какъ Жиландъ, Кассини, Вугеръ и другіе, при извѣдании момента соприкосновенія краевъ солнца и Меркурія ошибались на нѣкую минуту. Но кромѣ того обращать на себя вниманіе совершенно необыкновеннымъ образомъ хоть этихъ разностей, которыя выражались периодическимъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ ихъ. Замѣтительно же было то, что, увеличивъ въ какое-нибудь перигелія Меркурія (Часть I, § 91), Леверье удовлетворялъ своими элементами только 21 прохожденію имъ съ точностью до полуокружности дуги, и только въ нѣсколькихъ случаяхъ оставался еще удовлетворенъ, достигая нѣсколькихъ секундъ. Въ виду этого явленія этой эмпирической погрѣшки являлась необходимость ввести измѣненія въ теоретическія элементы Меркурія, и въ это время надо было вѣдывать, велики ли объяснить такое увеличеніе углового разстоянія перигелія измѣненіемъ принятаго значенія массы большихъ планетъ, которое по своему значенію выражено во мнѣшательныхъ частяхъ Меркурія.

Однако Леверье убѣдился, что такое объясненіе невозможно. Въ самомъ дѣлѣ, предположивъ, напримеръ, что причиной вѣнучиоумнутахъ отклоненій является возмущающее дѣйствіе Венера мы должны были бы измѣнить массу этой планеты на  $\frac{1}{2}$ , первоначально принявъ ее величиною, но такое измѣненіе массы Венеры повлекло бы за собою совершенно неслучайныя ошибки въ теоріи движенія земли. Къ подобнымъ же заключеніямъ мы пришли бы, если бы захотѣли измѣнить соответствующимъ образомъ массы другихъ планетъ. Поэтому Леверье заключилъ, что слѣдовало допустить существованіе новой, до сихъ поръ еще неизвѣстной, планеты, которая занимала бы положеніе между Меркуріемъ и Венерою и до мѣсячного перигелія которой принадлежать раздѣлу между Венерою и Землею. Такъ какъ среднимъ радиусомъ Меркурія можно было удовлетвориться, не мѣняя въ этомъ радиусѣ угловъ этой планеты, то слѣдовало допустить, что орбита новой предполагаемой планеты вклонена подъ весьма великимъ угломъ къ орбитѣ Меркурія. Кромѣ этого надо было считать, что масса новой предполагаемой небеснаго тѣла и его разстояніе до солнца должны были быть весьма малыми. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ меньше масса тѣла, разстояніе отъ него отъ земной планеты до солнца, тѣмъ больше должна быть

масса этого тѣла, чтобы можно было объяснить вышеупомянутыя неравенства въ движеніи Меркурія, и наоборотъ Велі предположилъ, что среднее разстояніе этого новаго небеснаго тѣла до солнца приблизительно вдвое меньше средняго разстоянія Меркурія до солнца, то его масса должна равняться массѣ Меркурія, что едва ли допустимо. Въ самомъ дѣлѣ, такая большая планета, находясь вблизи солнца, по необходимости должна была бы обладать значительною яркостью, и потому нельзя допустить, чтобы раньше нѣкто ее не видалъ. Имѣя въ виду это возраженіе, Леверье предположилъ, что вмѣсто одной планеты существуетъ большое число маленькихъ тѣлецъ, которыя обращаются около солнца въ пространствѣ, заключающемся внутри орбиты Меркурія, и общее дѣйствіе которыхъ равно дѣйствию гипотетической планеты. Вѣдѣтвіе своей малости эти планетки, конечно, могли ускользнуть отъ глазъ наблюдателей.

Поэтому Леверье предложилъ такой вопросъ: «Не могутъ ли случайно быть открыты наибольшія изъ этихъ тѣлецъ во время ихъ прохожденія черезъ солнечный дискъ? Можетъ-быть, теоретическія соображенія о существованіи такихъ планетокъ побудятъ тѣхъ астрономовъ, которые занимаютъ наблюденьемъ солнца, съ всевозможнымъ тщаніемъ слѣдить за движеніемъ самыхъ маленькихъ солнечныхъ пятенъ?»

§ 31. **Кажущееся подтвержденіе соображеній, развитыхъ въ предыдущемъ параграфѣ.** Выше мы видѣли, что Леверье на основаніи теоретическихъ соображеній пришелъ къ заключенію, что предѣлы нашей планетной системы должны быть расширены внутрь, по направленію къ солнцу, подобно тому какъ ему незадолго переть тѣмъ несчастливилось, благодаря открытію Цереры, расширить ихъ также и въ другую сторону. Такого рода взглядъ онъ высказалъ еще болѣе рѣшительнымъ образомъ въ 1874 году, когда онъ закончилъ свою прекрасную работу относительно орбитъ большихъ планетъ. Но уже вскорѣ послѣ первыхъ его изслѣдованій этого вопроса его предсказаніе, повидимому, оправдалось самымъ блестящимъ образомъ. Дѣйствительно, немного спустя послѣ того какъ Леверье изложилъ въ Парижской Академіи свои взгляды относительно этого предмета, въ Парижѣ распространился слухъ объ открытіи новой маленькой планеты. Въ концѣ 1859 года эти слухи сдѣлались настолько опредѣленными, что Леверье считъ своею обязанностью провѣрить ихъ; но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ принялъ необходимыя мѣры, чтобы оградить себя отъ возможнаго обмана. Упавъ, что это открыт. сдѣлалъ Лескарбо, Леверье въ послѣднюю субботу въ этомъ году, въ сопровожденіи одного изъ своихъ друзей, отправился въ городокъ Оржеръ, гдѣ Лескарбо занимался врачебной практикой и совершенно неожиданно для этого послѣдняго явился къ нему въ домъ. Лескарбо былъ подвергнутъ своимъ неизвѣстнымъ гостемъ строгому экзамену, при чемъ Леверье шагъ за шагомъ выпытывалъ отъ него все подробности сдѣланнаго имъ открытія и въ концѣ концовъ, повидимому, убѣдился, что сомнѣваться въ дѣйствительности этого открытія нельзя.

Вернувшись изъ Оржера, Леверье въ прѣмъ же застѣнѣ Парижской Академіи объяснилъ, что 26 марта 1859 года послѣ полудня Лескарбо иблотивъ прохожденіе маленькаго темнаго тѣла передъ солнечнымъ дискомъ, и что, судя по всему, это тѣло слѣдуетъ принять за новую внутреннюю планету. Въ томъ же застѣнѣ Леверье сообщилъ приближенные элементы новой планеты, которые ему удалось опредѣлить на основаніи наблюденій Лескарбо. Принявъ среднее разстояніе отъ земли до солнца за единицу, Леверье нашелъ, что разстояніе отъ новой планеты до солнца составляетъ 0,1427. Время обращенія этой планеты около солнца по вычисленію Леверье меньше 26 сутокъ, долгота восходящаго узла равняется  $13^{\circ}$  и наклонность плоскости ея орбиты къ плоскости эклиптики заключается въ предѣлахъ отъ  $12^{\circ}$  до  $13^{\circ}$ .

Нѣсколько позже Лескарбо передалъ Леверье для обнародованія письменный отчетъ о своемъ наблюденіи. Въ этомъ отчетѣ онъ говоритъ, что, такъ какъ въ 1845 году ему пришлось видѣть прохожденіе Меркурія черезъ дискъ солнца, то въ томъ темномъ

тѣтъ, которое онъ наблюдалъ въ 1859 году, онъ уже и ранѣе предугадывалъ новую нижнюю планету, но онъ никому не сообщилъ объ этомъ открытіи, надѣясь, что въ удачѣннѣе ему удастся вывести какія-нибудь заключенія относительно разстоянія, отдѣляющаго новое тѣло отъ солнца, или, по крайней мѣрѣ, посчастливиться снова пронаблюдать прохожденіе этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Но такъ какъ онъ оказался влѣчимъ математикомъ и такъ какъ, кромѣ того, его постоянныя занятія отнимали у него много времени, то онъ, прочитавъ ивѣстіе о теоретическихъ изысканіяхъ Леверье, наконецъ рѣшился прервать молчаніе и обнародовать свое открытіе.

Лескарбо замѣнилъ это тѣло только тогда, когда оно, вступивъ на солнечный дискъ, уже находилось на довольно значительномъ разстояніи отъ края. Опредѣливъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго минимая планета прошла на солнечномъ дискѣ длину, равную приблизительно этому разстоянію, Лескарбо оцѣнилъ, что всгупленіе планеты на дискъ произошло въ  $4^h 0^m$  по среднему мѣтному времени. Слѣди даѣе за прохожденіемъ этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ, онъ неоднократно замѣрялъ ея разстояніе отъ края диска. Наконецъ, въ  $5^h 47,2^m$  по его наблюденіямъ планета сошла съ солнечнаго диска. Диаметръ новой планеты по оцѣнкѣ Лескарбо былъ въ 4 раза меньше діамтра Меркурія во время вышеупомянутаго прохожденія этого послѣдняго черезъ дискъ солнца. Такъ какъ діаметръ Меркурія составлялъ тогда  $11,6''$ , то видимый діаметръ новой планеты получается равнымъ приблизительно  $3''$ .

Уже вскорѣ послѣ того, какъ минимое открытіе Лескарбо было обнародовано, многіе начали сомнѣваться въ подлинности сдѣланныхъ имъ наблюденій. Такъ, французскій астрономъ Лиа, находившійся въ то время въ Бразиліи, не повѣрилъ ни одному слову изъ отчета Лескарбо, такъ какъ онъ наблюдалъ солнце въ точности въ то же самое время, какъ и этотъ послѣдній, и при этомъ ничево особеннаго на солнечномъ дискѣ не замѣнилъ. Но такого рода возраженіямъ, какъ извѣстно, обыкновенно не довѣряютъ и особенно въ случаяхъ, подобныхъ вышеизложенному. Поэтому гораздо болѣе важнымъ является другое возраженіе того же самаго астронома. Именно онъ говоритъ, что предполагаемая планета, которая вѣдь при своей близости къ солнцу и влѣдствіе своей во всякомъ случаѣ достаточно большой величины должна была бы обладать довольно значительною яркостью, уже давно могла бы быть замѣчена астрономами, по крайней мѣрѣ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній, если бы она действительно существовала. Впрочемъ слѣдуетъ замѣтить, что наблюденіе Лескарбо далеко не является единственнымъ въ своемъ родѣ, но что и раньше довольно часто наблюдались подобныя прохожденія темныхъ тѣлъ передъ солнечнымъ дискомъ. Мы перечислимъ здѣсь только тѣ изъ этихъ наблюденій, которыми впоследствии воспользовался Леверье. При этомъ мы считаемъ нужнымъ прибавить, что имъ были отброшены, какъ не имѣющія никакого значенія, всѣ тѣ изъ старыхъ наблюденій, въ отчетахъ о которыхъ только упоминалось, что на солнечномъ дискѣ было замѣчено рѣзко очерченное пятно, исчезающее на слѣдующій день. Точно также на основаніи изложенныхъ ниже соображеній имъ не были приняты во вниманіе такія наблюденія, въ которыхъ только указывалось, что пятно имѣло значительное собственное движеніе. Въ самомъ дѣлѣ, ясно, что нѣкоторый опредѣленный кругъ склоненія (Введ., § 9) составляетъ различные углы съ различными кругами высотъ (Введ., § 8), смѣняющими другъ друга влѣдствіе суточного вращенія земли, иначе говоря, кругъ склоненія какъ бы вращается относительно круга высотъ. Поэтому, если наблюденія производятся съ помощью трубы, не имѣющей параллаксической установки (Часть IV), то наблюдаемая должно казаться, что солнечное пятно, особенно когда оно находится вблизи края солнечнаго диска, имѣетъ значительное собственное движеніе. На это-то какущееся движеніе пятенъ очень часто указываютъ любители астрономіи. Ниже слѣдуютъ тѣ наблюденія, которымъ, какъ мы уже сказали, воспользовался внослѣдствіи Леверье.

6 іюня 1761 года Шейгенъ въ Брефельдъ наблюдалъ прохожденіе переть солнечнымъ дискомъ круглаго, рѣзко ограниченнаго пятна, дискъ котораго по его оцѣнкѣ былъ въ 4 раза меньше диска Венеры.

18 января 1798 года Дангосъ въ мѣстекѣ Гарбесъ видѣлъ, какъ переть солнечнымъ дискомъ прошло круглое, рѣзко очерченное пятно; продолжительность прохожденія по его наблюденіямъ составляла 2 часа.

10 октября 1802 года Фритцъ наблюдалъ прохожденіе небольшого круглаго пятна передъ солнечнымъ дискомъ.

6 января 1818 года Кашель Лофтъ замѣтилъ на солнцѣ темное пятно эллиптической формы. Диаметръ этого пятна заключался въ предѣлахъ отъ 6' до 8', и оно имѣло быстрое движеніе съ востока на западъ.

12 февраля 1820 года въ поудень Старкъ замѣтилъ на солнцѣ особенное, рѣзко ограниченное круглое пятно, размеры котораго вдвое превосходили размеры Меркуря. Это пятно, обладавшее ясными слѣдами атмосферы, вечеромъ того же дня болѣе уже не было видимо. Въ тотъ же день любитель астрономіи Штейнхейбелъ въ Виль также наблюдалъ прохожденіе пятна передъ солнечнымъ дискомъ, причѣмъ его описаніе этого пятна весьма сходно съ описаніемъ Старка. По наблюденіямъ Штейнхейбеля продолжительность прохожденія составляла 5 часовъ.

2 октября 1839 года Декуписъ въ Римскомъ Коллежѣ наблюдалъ на солнцѣ черное, совершенно круглое, рѣзко ограниченное пятно, обладавшее быстрымъ собственнымъ движеніемъ, такъ что черезъ весь солнечный дискъ по направлению его диаметра оно могло бы пройти, по вычисленію наблюдателя, приблизительно въ теченіе 10 часовъ.

Въ концѣ іюня и въ началѣ іюля 1847 году Скоттъ въ Лондонѣ и Врей въ Витби наблюдали подобныя же явленія.

12 марта 1849 года Заледобамъ и Лове наблюдали приблизительно въ 4 часа пополудни прохожденіе небольшого, круглаго темнаго пятна черезъ дискъ солнца. Продолжительность прохожденія составляла полчаса.

20 марта 1862 года любитель астрономіи въ Манчестерѣ Луммисъ, изучая поверхность солнца съ цѣлью отысканія солнечныхъ пятенъ, замѣтилъ въ  $8^{\circ} 28'$  небольшое черное пятно круглой формы и съ рѣзко ограниченными краями. Диаметръ этого пятна составлялъ приблизительно 7'. Это пятно находилось подъ другимъ, отысканнымъ значительно большими размерами. Луммисъ, сдѣлавши рисунокъ обихъ пятенъ, говоритъ, что маленькое пятно имѣло быстрое собственное движеніе оно въ 22 минуты прошло дугу, равную по оцѣнкѣ Луммиса 12; впрочемъ Хиндъ на основаніи рисунка Луммиса опредѣляетъ величину этой дуги только въ 6. Луммисъ по профессіи былъ желѣзнодорожнымъ чиновникомъ и потому, вследствие неотложнаго дѣла, долженъ былъ вскоре прекратить свои наблюденія, такъ что не могъ дожидаться момента, когда пятно сошло съ солнечнаго диска.

8 мая 1865 года утромъ Кумбери въ Константинополь замѣтилъ, какъ отъ одной группы пятенъ отдѣлилось пятно приблизительно круглой формы и въ теченіе 48<sup>m</sup> прошло черезъ весь дискъ солнца, дѣлаясь сразу вѣтвомъ. Очевидно, онъ для своихъ наблюденій пользовался трубой, дающей обратныя изображенія.

Наблюденіе Лекарбо, которое по времени предшествуетъ двумъ послѣднимъ изъ только-что приведенныхъ наблюденій, побудило нѣсколькихъ астрономовъ заняться вопросомъ о существованіи интимеркуріальной планеты, для которой было даже предложено названіе Вудкана. Такъ, кромѣ Леверье задѣлъ о возможно точномъ опредѣленіи орбиты новой планеты, настолько позволять имѣвшаяся на лицо довольно ненадежный матеріалъ, занялись также Каррингтонъ, Хиндъ, Ольсенъ и Радо. Понятно, что предположенія прохожденія предполагаемой планеты передъ дискомъ солнца, предвѣщавшія только по упомянутыми астрономами, ожилась съ большимъ восторгомъ. Въ это время на всѣхъ

— раторіяхъ вообще и на Венской въ частности наблюдениямъ солнца было уделено гораздо больше вниманія, чѣмъ это дѣлалось раньше. Особенно большія надежды въ этомъ отношеніи возлагались на полное солнечное затмѣніе 18 июля 1860 года, а также на всѣ предстоящіе затмѣнія. Но всѣ старанія астрономовъ оставались безуспѣшными. Вулкана гикому не удалось наблюдать, и упомянутыя выше наблюдения 1862 и 1865 годовъ не удовлетворили элементамъ предполагаемой планеты.

Въ это же время Генрихъ изъ Нью-Гевена дошелъ до всеобщаго свѣдѣнія, что онъ уже въ течение 10 лѣтъ былъ занятъ вопросомъ о существованіи интрамеркуріальной планеты и съ этою цѣлью собиралъ всѣ наблюденія, которыя могли бы относиться къ этому самому небесному тѣлу. Въ 1847 году онъ имѣлъ со своимъ другомъ Бродлеемъ оригинальную правдивую разсказку новой планеты и съ этою цѣлью постоянно слѣдилъ какъ за тѣмъ, что происходитъ на солнечномъ дискѣ, такъ и за окружающими этотъ дискъ частями небесной сферы, но всѣ его поиски не увѣнчались никакимъ успѣхомъ.

Американскій астрономъ Кирквудъ, который неоднократно пытался установить законность, такъ или иначе связывающую различныя планеты между собою, въ рождѣнскій законъ Гитцуса (§ 65), давшаго зависимость между расстояніями различныхъ планетъ отъ солнца замѣнилъ, что всѣ планеты, начиная съ Венеры, могутъ быть разбиты на пары, характеризуемыя тѣмъ, что планеты, принадлежащія къ одной парѣ, имѣютъ приблизительно одинаковыя истинныя діаметры и обладаютъ приблизительно одинаковою плотностью, если только при этомъ групу такъ называемыхъ астероидовъ (Глава VI) замѣнить одной планетой приблизительно такой же величины, какъ Марсъ. Такимъ образомъ слѣдующія планеты составляютъ пары:

Венера и Земля,  
Марсъ и планета, замѣняющая астероиды,  
Юпитеръ и Сатурнъ,  
Уранъ и Нептунъ.

Что же касается Меркурія, то въ нашей солнечной системѣ нѣтъ планеты, составляющей съ нимъ пару. Но если, какъ замѣчана Кирквудомъ законность справедлива, то съ большою вероятностію, что можетъ быть открыта еще неизвѣстная планета, составляющая пару съ Меркуриемъ и слѣдовательно обладающая приблизительно такими же размѣрами и такою же плотностью, какъ этотъ послѣдній.

Несколько попытокъ въ этомъ отношеніи затѣяна принадлежатъ Хазе изъ Геттингена. Онъ догадался, что наблюденія минимума спутника Венеры, произведенныя въ 1761 году Моншеромъ и другими относятся къ интрамеркуріальной планетѣ, и на основаніи двухъ равноточій ретардаций элементамъ ея орбиты, которые съ точностію точною съдѣланы и употреблены раньше наблюденіями Даниеломъ и Карломъ Лопфа. Но поиски свои онъ оставилъ основанными на элементахъ вычисленныхъ Хазе, до конца 1862 года не рѣшилъ ни къ какому результату. Кромѣ того опредѣленія имъ орбиты, которая по своимъ особенностямъ причисляемъ лентѣ соединяющей съ орбитой Венеры, не внушала къ себѣ никакого довѣрія.

Во время похода въ южную землѣ въ 1869 году Гуэльтъ въ Бурлвинтонѣ, въ широтѣ 40° и долготѣ 150° восточной долготы въ ретардаци 5' отъ солнца, но при солнечномъ свѣтѣ бѣднѣи солнца онъ не могъ замѣтить, хотя и обратилъ вниманіе на область близъ экваторіальную зону, расположенную вдоль эклиптики и простиравшуюся на 10° отъ экватора и на 30° къ востоку отъ солнца, по широтѣ же обнимающую 80°. Точно также Гилдманъ въ Ньюкомбѣ и въ которыхъ первыи наблюдатель это затмѣніе въ Стакельбергѣ и Гертсдорфѣ не могли замѣтить никакого новаго небеснаго тѣла бѣднѣи солнечнаго диска, покрытаго луной.

§ 32. Окончательныя изслѣдованія Леверье и Опольцера. Такимъ образомъ интересъ къ объясненію новой планеты на некоторое время латнулъ. Но 4 апрѣля 1856 года Веберъ въ Неаполѣ снова замѣнилъ на солнцѣ небольшою весьма правильными круглыми темной дискъ, и это опять дало Леверье поводъ заняться вопросомъ о предположаемой интравенуриальной планетѣ, несмотря на то, что на основаніи одновременныхъ наблюдений пронахотенныхъ въ тридцати мѣсяцахъ упомянутой дискъ слѣдовало принять за весьма рѣзко очерченное солнечное пятно.

Леверье отбросилъ всё гдѣ изъ старыхъ наблюдений, которыя оказались ему совершенно непригодными для точныхъ изслѣдованій, и воспользовался только нижеприведенными, раздѣливъ ихъ на четыре группы по мѣсяцамъ.

I. 6 января 1818 года, Капель Лофъ; 12 февраля 1820 года, Старкъ и Штейнхейбель.

II. 12 марта 1849 года, Зидебогамъ; 26 марта 1859 года, Лескарбо, 20 марта 1862 года, Луммисъ.

III. 6 июня 1761 года, Шейгенъ; июль-июль 1847 года, Скотъ и Врей, 8 мая 1865 года, Кумберн.

IV. 10 октябрю 1802 года, Фригшъ; 2 октябрю 1839 года, Декуиниель.

Наблюдения группъ I и III нельзя соединять съ наблюдениями группъ II и IV такъ, какъ планета, прошедшая передъ солнечнымъ дискомъ 12-го февраля, не можетъ снова проэктивироваться на этотъ дискъ въ концѣ марта или въ началѣ октябрю, если только она не совершаетъ своего движенія въ плоскости, наклоненной подъ весьма незначительнымъ угломъ къ плоскости эклиптики, но въ этомъ послѣднемъ случаѣ вследствие быстраго движенія планеты мы могли бы весьма часто наблюдать ея прохожденія передъ дискомъ солнца.

Поэтому Леверье обратилъ вниманіе только на наблюдения группъ II и IV и показалъ, что эти пять наблюдений действительно могутъ относиться къ одному и тому же небесному тѣлу \*) Чтобы провѣрить, насколько можно довѣрять этой мысли, стоило бы имѣть о протеканіи предположаемаго прохожденія планеты передъ солнечнымъ дискомъ, или воспользоваться весьма остроумнымъ способомъ. Именно допустивъ что извѣстно, только дни, въ которые наблюдались прохожденія Меркурия передъ солнечнымъ дискомъ въ 1783, 1802, 1832 и 1845 годахъ, онъ доказалъ, что при помощи того же самого метода можно предсказать съ точностью до одного дня прохожденіе Меркурия, имѣя его мѣсто въ 1848 г.

Также Леверье обратилъ вниманіе на обстоятельство, которое раньше было упущено изъ виду, а именно, что какъ прохожденія Венеры и Меркурия передъ солнечнымъ дискомъ (смъ выше §§ 41 и 50), такъ и прохожденія интравенуриальной планеты слѣдуетъ предполагать черезъ извѣстныя вероины, и эти интравенуриальной планеты слѣдуетъ опредѣлить продолжительность такого периода въ 16 дней. Въ предѣлахъ этого промежутка времени въ теченіе первыхъ 8 или 9 дней, проходивши планета передъ солнечнымъ дискомъ, должна имѣть мѣсто ежегодно, въ теченіе же слѣдующихъ 8 дней, проходивши совершенно невозможно. Кроме того надо имѣть въ виду, что планета можетъ проходить передъ дискомъ солнца какъ въ томъ случаѣ, когда она движется въ сторону отъ солнца, такъ и въ томъ, когда она движется къ солнцу, но хотѣло бы знать, для перваго и для втораго случаевъ благоприятныя для прохожденія передъ дискомъ 8 апрѣля 1856 года и окончился 19 марта 1862 года. Наблюденія Лескарбо и Луммиса относятся, следовательно, къ концу этого

\*) В. Сиддханта Хиндъ доказалъ, что наблюдение дано старкомъ въ Амстердамѣ 9-го апрѣля 1818 года, также предъ зрителемъ французъ Леверье. Леверье не вѣрять во этому наблюдению, и не не въ какомъ мѣсяцѣ и въ какой-либо мѣсяцѣ, такъ какъ вѣрны и Старкъ съ своимъ спутникомъ въ 1820 году, отъ которыхъ не слѣдуетъ рѣзко очерченное пятно, для приближенно гдѣ и старкомъ какъ Меркуриемъ, что вечеромъ того же дня онъ уже не могъ найти этого пятна.



благоприятнаго періода, и потому вполне понятно, почему въ слѣдующіе годы вовсе не удавалось наблюдать прохожденій предполагаемой планеты. Дальнѣе 9 апреля 1869 года снова начался благоприятный періодъ, который продолжался до 22 марта 1877 года. Но почему изъ 9 прохожденій, которыя должны были имѣть мѣсто въ теченіе этого промежутка времени, астрономы не наблюдали ни одного, несмотря на то, что именно въ это время они съ весьма большимъ вниманіемъ слѣдили за явленіями, происходившими на солнцѣ, этого Деверье не разъясняетъ.

Точно также для того случая, когда планета находилась недалеко отъ исходящаго угла, благоприятный для прохожденія періодъ начался на время отъ 16 октября 1866 года до 24 сентября 1875 года. Но ни въ теченіе этого періода, ни въ теченіе предшествовавшаго благоприятнаго періода (1850—1859) не было замѣчено ни одного прохожденія предполагаемой планеты черезъ дискъ солнца.

Въ такомъ положеніи находилось дѣло до полнаго солнечнаго затмѣнія 29 іюня 1878 года, которое было видно во всей Сѣверной Америкѣ. Во время этого затмѣнія было обращено весьма большое вниманіе на поиски интрамеркуріальной планеты, и на этотъ разъ старшія астрономы наконецъ, повидимому, увѣдились успѣхомъ. Въ самомъ дѣлѣ, не только Ватсонъ изъ своего совершенно уединеннаго наблюдательнаго пункта сообщилъ объ открытіи двухъ планетъ, но также и Свифтъ, наблюдавшій недалеко отъ Деверье нѣсколько къ востоку отъ того мѣста, гдѣ находится Ватсонъ, замѣтилъ также два, повидимому, новыя небесныхъ тѣла. Видно было, что эти два тѣла вѣроятно были отъбрасываемыя планеты, открытыя Ватсономъ, однако, когда сдѣлались извѣстными болѣе подробныя о нихъ сообщенія наблюдателей, то стало вполне яснымъ, что такое отожествленіе еще невозможно безъ допущенія довольно значительныхъ ошибокъ въ самихъ наблюденіяхъ. Такимъ образомъ оказалось, что теперь вмѣсто одной было найдено сразу четыре интрамеркуріальныхъ планеты, но въ такомъ случаѣ представлялось непонятнымъ, почему во время полныхъ солнечныхъ затмѣній въ теченіе предшествовавшихъ двухъ десятилѣтій не было замѣчено ни одной изъ нихъ, не смотря на то, что отъбрасываніе интрамеркуріальной планеты во время полнаго солнечнаго затмѣнія въ программу наблюденій Уильяма астрономовъ увеличилось еще болѣе, когда Гайе, въ теченіе многихъ лѣтъ вычисляя Деверье въ его вычисленіяхъ, такъ сдѣлалъ, что элементы интрамеркуріальной планеты, вычисленные Деверье, не удовлетворяли по крайней мѣрѣ одному изъ условий, названныхъ четырьмя небесныхъ тѣлъ. Это побудило Оберстера произвести новыя изслѣдованія относительно орбиты интрамеркуріальной планеты, думая, что воспользуется для этой цѣли кромѣ тѣхъ 5 наблюденій, которыя уже Деверье положилъ въ основу своихъ вычисленій, еще тремя, а именно: наблюденіемъ Фришля 29 марта 1800 года, наблюденьемъ Орла 12 сентября 1857 года и наблюденіемъ Садлера 9 октября 1819 года. На основаніи этихъ 8 наблюденій и при предположеніи, что эти планеты имѣютъ значительное эксцентриситетное, онъ получилъ новую систему элементовъ интрамеркуріальной планеты. Съ помощью этихъ элементовъ онъ вычислилъ, что утромъ 19 марта 1879 года должно имѣть мѣсто почти центральное прохожденіе предполагаемой планеты передъ дискомъ солнца. Поэтому, не только въ указанный день, но также въ предшествовавшее и слѣдующее дни на всѣхъ обсерваторіяхъ самымъ тщательнымъ образомъ слѣдили за тѣмъ, что происходило на солнечномъ дискѣ, но и на этотъ разъ опять совершенно безуспѣшно.

§ 43 Критическія замѣчанія Петерса. Позже въ то самое время какъ Опольцеръ суммировалъ свои вышеупомянутыя изслѣдованія, Петерсъ подтвердилъ всесторонней критикой не только наблюденія Ватсона и Свифта во время полнаго солнечнаго затмѣнія 29 іюня 1878 г. но также и пѣнаій разѣ двухъ тѣлъ, называемыхъ прохожденіемъ интрамеркуріальной планеты передъ солнцемъ по Гайе. Эта весьма delicate задача отпала

у Петерса не мало времени, но зато выполненіемъ ея оцъ заслужилъ себѣ глубокую благодарность астрономовъ.

Относительно двухъ небесныхъ тѣлъ, которыя Ватсонъ принялъ за интрамеркуріальныя планеты, Петерсъ доказалъ, что это были ничто иное, какъ звѣзды  $\xi$  и  $\theta$  Савелі, изъ которыхъ первая пятой величины, а вторая шестой. Что же касается двухъ звѣздъ, замѣченныхъ около солнца Свифтомъ во время того же затмѣнія, то самъ наблюдатель настолько точно опредѣлилъ ихъ положеніе, что отождествленіе ихъ съ другими яркѣйшими звѣздами оказалось совершенно невозможнымъ. Но во всякомъ случаѣ инопіи установлено, что какъ Ватсонъ, такъ и вообще ни одинъ изъ большого числа американскихъ астрономовъ, занимавшихся во время этого затмѣнія изученіемъ той же самой части неба, не видѣли звѣздъ, о которыхъ говоритъ Свифтъ.

Относительно мнимыхъ прохожденій интрамеркуріальной планеты Петерсъ показалъ, что подъ видомъ наблюдений Вулкана были собраны, вообще, весьма разнообразный и совершенно неоднородный матеріалъ. Въ самомъ дѣлѣ, иногда это таинственное небесное тѣло обладало настолько значительными размѣрами, что могло быть замѣчено при помощи слабыхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ и даже невооруженнымъ глазомъ иногда діаметръ мнимаго Вулкана по оцѣнкѣ наблюдателей былъ въ два раза больше діаметра Меркурія; наконецъ, по показанію нѣкоторыхъ наблюдателей діаметръ этой предполагаемой планеты составлялъ всего только нѣсколько секундъ. Ко всему этому надо прибавить, что нѣрѣдка Вулкану приписывалась эллиптическая форма. Длѣе, отъ 20 до 30 изъ подозрѣваемыхъ прохожденій этой планеты распределяются почти инопіи равномерно по всему году. Какъ же въ такомъ случаѣ должна быть расположена линія узловъ ея орбиты? Иногда мнимая планета двигалась такъ быстро, что черезъ весь дискъ солнца по направленію ея діаметра она должна была бы пройти менѣе, чѣмъ въ часъ; иногда же, наоборотъ, это движеніе происходило настолько медленно, что для только-что упомянутого прохожденія потребовалось бы отъ 6 до 10 часовъ. Наконецъ, въ большинствѣ случаевъ не было замѣчено никакого движенія, и только указывалось, что въ предшествующее и послѣдующіе дни этого тѣла на солнечномъ дискѣ не было видно. Длѣе видѣть Вулкана на солнечномъ дискѣ удавалось почти исключительно любителямъ астрономіи, которые лишь случайно занимались наблюденіями солнца: изъ весьма же многочи. сныхъ астрономовъ-спеціалистовъ, систематически слѣдившихъ за прохожденіями на солнце явлений, въ теченіе 50 лѣтъ ни одинъ не наблюдалъ прохожденія мнимой интрамеркуріальной планеты. Но этого еще мало. Безъ всякаго преувеличенія можно сказать, что, начиная съ 1860 года, солнце изучалось по крайней мѣрѣ въ теченіе 4 часовъ ежедневно однимъ или нѣсколькими весьма опытными астрономами, въ распоряженіи которыхъ и ходились несравненно лучшія вспомогательныя средства, чѣмъ тѣ, которыми обыкновенно пользуются любители. Какимъ же образомъ могло въ такомъ случаѣ ускользнуть отъ вниманія всѣхъ этихъ испытанныхъ наблюдателей прохожденіе Вулкана, которое въ среднемъ должно было бы продолжаться по крайней мѣрѣ три часа? Какъ мало можно инопіи доверять описаніямъ такихъ трудныхъ наблюдений, какъ прохожденіе планеты передъ солнечнымъ дискомъ, если это описаніе сдѣлано малоопытнымъ астрономомъ? Въ этомъ можно убѣдиться изъ слѣдующаго весьма поучительнаго примѣра, приведеннаго Петерсомъ.

Изъ всѣхъ наблюдений мнимой интрамеркуріальной планеты инопіи большого доверія заслуживаетъ, повидимому, произведенное 20 марта 1862 года и упомянутое выше наблюденіе Думмиеа, какъ по опредѣленности выраженій, употребляемыхъ этимъ послѣднимъ для описанія явленія, такъ и по тѣмъ подробностямъ, которыя оцъ при этомъ сообщаетъ. Деверье считалъ это наблюденіе инопіи важнымъ и смотрѣлъ на него, какъ на главную опору точку для своихъ дальнѣйшихъ изслѣдованій. Но Петерсъ на основаніи своихъ собственныхъ наблюдений и на основаніи наблюдений Шперера, сдѣланныхъ въ

тогда же самый день, показалъ, что солнце въ это время, вопреки показаніямъ Луммиса, далеко не было свободно отъ пятенъ, и что Луммисъ въ началѣ своихъ наблюдений, г.-е. въ 8<sup>м</sup> 28<sup>м</sup>, наблюдалъ одно изъ многихъ пятенъ, находившихся въ то время на солнечномъ диске, а черезъ 22 минуты совершенно другое. Поэтому словамъ Луммиса, что онъ наблюдалъ небольшое черное рѣзко очерченное пятно довольно правильной формы, которое въ теченіе двадцати минутъ перемѣнилось на значительное протяженіе по солнечному диску, нельзя придавать того значенія, которое имъ обыкновенно придавалось раньше, а именно, что Луммисъ въ теченіе 20 минутъ безъ прерыва слѣдилъ за пятномъ въ такомъ образѣ замѣнилъ его быстрое движеніе. Эти слова, по мнѣнію Петерса, обозначаютъ, что, когда Луммисъ черезъ 20 минутъ послѣ своего перваго наблюденія снова взглянулъ на солнце, то онъ уже не нашелъ на прежнемъ мѣстѣ замѣченнаго раньше пятна, но зато на другомъ мѣстѣ солнечнаго диска онъ увидѣлъ другое пятно, подобное первому, и отсюда заключилъ, что оба пятна тождественны, и что слѣдовательно въ теченіе 20 минутъ замѣненное имъ пятно быстро перемѣнилось по солнечному диску. Далѣе, Луммисъ оцѣнилъ диаметръ этого пятна въ 7'', между тѣмъ какъ изъ наблюдений Петерса оказывается, что это пятно было окружено полутьмою (§ 10), и диаметръ одного ядра, какъ показали измѣренія этого ученаго, равнялся 14''. Слѣдовательно необходимо допустить, что Луммисъ при помощи своей слабой зрительной трубы не могъ отличить пятна отъ полутьмы, но замѣнилъ лишь общія очертанія этого образованія, вмѣстѣ съ тѣмъ отсюда вполне ясно, какъ неадекватны и невѣрны были не только его оцѣнка размѣровъ этого пятна, но и вообще сдѣланное имъ описаніе всего явленія.

И наконецъ Петерсъ указалъ еще на другое обстоятельство, на которое правда уже и раньше неоднократно указывали, но которое по непонятнымъ причинамъ считалось лишь второстепеннымъ возраженіемъ противъ существованія интрамеркуральной планеты, хотя на самомъ дѣлѣ оно является, безъ сомнѣнія, самымъ главнымъ и рѣшающимъ: это значительная яркость, которую должна была бы обладать предполагаемая интрамеркуральная планета. Дѣйствительно, если допустить, что отражательная способность предполагаемой планеты приблизительно равна отражательной способности Меркурія и остальныхъ большихъ планетъ, и что истинный диаметръ этой планеты равенъ истинному диаметру Меркурія то такое тѣло, находясь отъ солнца на разстояніи  $0,15\alpha$ , гдѣ  $\alpha$  есть среднее разстояніе отъ земли до солнца, было бы въ 4 раза ярче Венеры, когда эта послѣдняя находится въ кв. тѣнѣ (Часть I, § 45). При такихъ условіяхъ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній мнимый Вулканъ могъ бы ускользнуть отъ вниманія только самаго поверхностнаго наблюдателя, и во время элонгацій этой планеты (Часть I, § 45) ее давно должны были бы замѣтить также и не во время солнечныхъ затмѣній, но крайней мѣрѣ въ тропическихъ странахъ, на что уже раньше указывалъ Лтэ (§ 31).

Если, далѣе, мы сдѣлаемъ предположеніе, что между солнцемъ и Меркуріемъ движется не одна планета, а цѣлая группа планетъ, и допустимъ, что замѣченный Вагсеномъ звѣздъ (§ 32) дѣйствительно суть 2 члена этой группы, то и въ такомъ случаѣ мы снова натолкнемся на неустрашимыя противорѣчія. Въ самомъ дѣлѣ, съ одной стороны диаметръ свѣтлѣй четвертой или пятой величины, къ числу которыхъ принадлежали звѣзды Вагсена, могъ бы заключаться лишь въ предѣлахъ отъ 15 до 50 километровъ, а такіе тѣла невозможно замѣтить на солнечномъ дискѣ даже съ помощью лучшихъ инструментовъ послѣдняго времени, съ другой стороны необходимо допустить существованіе миллионъ подобныхъ тѣлъ, чтобы сумма ихъ массъ равнялась массѣ Меркурія, а между тѣмъ Леверье показалъ, что для объясненія упоминаемаго выше (§ 30) увеличенія вѣкового движенія перигелия Меркурія интрамеркуральная планета должна обладать именно такою массою.

Изъ этого можно скалзаннымъ вытекать, что не могутъ существовать такіа интрамеркуральная планета, которыя при своихъ прохожденіяхъ передъ солнечнымъ дискомъ бро-

сались бы въ глаза даже любителямъ астрономіи, и что, слѣдовательно, ни одно изъ вышеупомянутыхъ наблюдений не относится къ этимъ гипотетическимъ планетамъ. Очевидно, въ огромномъ большинствѣ этихъ случаевъ сами наблюдатели, подобно Луммису, по тѣмъ или другимъ причинамъ были введены въ заблужденіе. Впрочемъ, нѣкоторыя, правда, весьма немногія наблюденія такого рода, пожалуй, могли бы быть объяснены и иначе, напр., прохожденіемъ кометы между солнцемъ и землею.

§ 34. **Заключеніе.** Если несогласіе между наблюдаемымъ и вычисленнымъ на основаніи теоретическихъ соображеній вѣковымъ движениемъ перигелия Меркурія не можетъ быть объяснено существованіемъ интрамеркуриальной планеты или цѣлой группы такихъ планетъ, то снова является вопросъ, въ чемъ же мы должны искать причину этого несогласія. Этимъ вопросомъ астрономы занимались уже неоднократно, но до сихъ поръ еще не удалось найти удовлетворительнаго рѣшенія его.

Подобное же несогласіе между вычисленнымъ и наблюдаемымъ вѣковымъ ускореніемъ луны (Часть III, § 62) Делоне и послѣ него Ганзенъ пытались объяснить ея замѣтнымъ замедленіемъ вращенія земли въ зависимости отъ приливовъ и отливовъ. Послѣдній изъ только что упомянутыхъ ученыхъ обратилъ вниманіе также на то, что это замедленіе должно было бы оказать влияние и на вѣковое движеніе перигелия Меркурія. Но собственныя вычисления показали, что такимъ образомъ могла бы быть уничтожена лишь весьма незначительная часть разности между наблюдаемой и вычисленной величиной этого движенія.

Открытие нѣтаго весьма слабаго спутника Юпитера навело Гердгля въ 1894 году на мысль заняться изслѣдованіемъ, не можетъ ли быть причиной разсматриваемого нами явленія неизвѣстный пока спутникъ Меркурія. Но онъ доказалъ, что для этого требуется небесное тѣло, обладающее такой большой массой и вследствие этого такими значительными размѣрами и яркостью, что его уже давно должны были бы открыть астрономы, если бы оно дѣйствительно существовало.

При такихъ обстоятельствахъ мало-по-малу сталъ распространяться взглядъ, что открытій Ньютономъ законъ всемирнаго тяготѣнія (Часть I, § 14) не есть абсолютно точный законъ. Въ этомъ отношеніи заслуживаетъ вниманія то обстоятельство, что уже Гауссъ и Веберъ были вынуждены для объясненія электоринами некихъ явленій принять во вниманіе при вычисленіяхъ скорость распространенія электричества и такимъ образомъ къ формулѣ, выражающей законъ Ньютона, прибавить еще членъ, зависящій отъ этой скорости. Уже болѣе 20 лѣтъ тому назадъ Шейбнеръ и Гиссерантъ сдѣлали первую попытку опредѣлить, какое влияние оказываетъ на движеніе планетъ дополнительный членъ, зависящій отъ скорости распространенія силы тяжести, причемъ они допустили, что законъ всемирнаго тяготѣнія выражается формулой Вебера. Въ 1894 году Гиссерантъ вторично занялся такого рода изслѣдованіями, воспользовавшись на этотъ разъ формулой Гаусса вмѣсто формулы Вебера. Въ результатъ этихъ изслѣдованій оказалось, что какъ дополнительный членъ Вебера, такъ и дополнительный членъ Гаусса не порождаютъ сколько-нибудь замѣтныхъ вѣковыхъ, т.е. пропорциональныхъ времени, возмущеній ни въ одномъ изъ элементовъ, за исключеніемъ долготы перигелия, и что въ случаѣ закона Гаусса наблюдаемое и вычисленное измѣненіе долготы перигелия можно привести въ согласіе между собою, если допустить, что скорость распространенія силы тяжести приблизительно равна скорости свѣта. Для закона же Вебера первая изъ этихъ скоростей оказывается значительно меньше.

Другое видоизмѣненіе закона Ньютона было предложено Ходежъ, который допустилъ, что въ дѣйствительности сила тяжести не измѣняется обратно пропорционально квадрату разстоянія, но что вмѣсто показателя 2 надо взять весьма мало отъ него отличающееся число 2,00000016. Ньюкомбъ, напротивъ того, придерживается того взгляда, что

при помощи такого видоизмѣненія закона Ньютона не могутъ быть устранены все затрудненія. Въ самомъ дѣлѣ, этотъ ученый, закончивъ новое весьма точное численіе элементовъ 4 внутреннихъ планетъ, нашелъ, что разногласія, подобныя тому, которое имѣетъ мѣсто относительно движенія перигелія Меркурія, существуютъ также въ движеніи узловъ Венеры и въ движеніи перигелія Марса, имѣть съ тѣмъ онъ доказалъ, что все эти разногласія при предположеніи, сдѣланномъ Холлемъ относительно видоизмѣненія закона Ньютона, могутъ быть устранены только въ томъ случаѣ, если одновременно съ этимъ измѣнить массу земли и ея расстояние до солнца на едва ли допустимыя величины. Напротивъ того, не измѣняя закона всемирнаго тяготѣнія, мы могли бы объяснить все эти разногласія если бы мы допустили, что между Меркуриемъ и Венерой существуетъ кольцо метеоровъ, движеніе которыхъ опредѣляется приблизительно слѣдующими элементами.

Масса . . . . .	$\frac{1}{37\ 000\ 000}$	Долгота перигелія . . . . . 10° Долгота восходящаго узла . . . 35° Наклонность . . . . . 7,5°.
Эксцентриситетъ . . . . .	0,04	
Большая полуось . . . . .	0,48	

Впрочемъ и самъ Ньюкомбъ не смотритъ на этотъ результатъ, какъ на дѣйствительное объясненіе вышеупомянутыхъ разногласій, такъ какъ существованіе такого кольца онъ считаетъ до крайности невѣроятнымъ.

Въ повѣдшее время Зелитеръ указалъ еще на одно обстоятельство, требующее, по видимому, введенія дополнительныхъ членовъ въ законъ всемирнаго тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ трудно себѣ представить, чтобы сила тяготѣнія, въ противоположности другимъ силамъ, распространялась мгновенно на всевозможныя разстоянія. Но въ такомъ случаѣ мы могли бы допустить существованіе особой среды, служащей, такъ сказать, проводникомъ силы притяженія, а вслѣдствіе этого явится не только возможность, но даже необходимость ввести въ законъ всемирнаго тяготѣнія поправку, зависящую отъ того или другого дѣйствія этой среды, и тогда, дѣлая различныя допущенія, опять можно объяснить движеніе перигелія Меркурія.

## ГЛАВА III.

### Меркурій.

§ 35. **Общая свѣдѣнія.** Изъ всехъ извѣстныхъ намъ планетъ Меркурій находится въ самомъ близкомъ разстояніи отъ солнца, благодаря чему, можетъ — быть, онъ и получилъ свое названіе, такъ какъ въ мифологии Меркурій стоитъ близко къ Аполлону. Знакъ Меркурія  $\xi$  представляетъ собою ни что иное, какъ камень, т. е. жемчугъ, служившій отличительнымъ признакомъ жемчужницъ у грековъ и римлянъ.

Въ наши дни даже лучшія зрительныя трубы мы обыкновенно не замѣчаемъ на поверхности Меркурія почти никакихъ подробностей. Астрономическія трубы показываютъ только, что Меркурій имѣетъ фазы подобныя фазамъ луны. Успѣшности наблюдений надъ Меркуриемъ мѣшаютъ, главнымъ образомъ, яркіе лучи солнца, отъ котораго эта планета, вообще, не удаляется болѣе чѣмъ на 23° (Часть I, § 59). Впрочемъ, приблизительно 15 лѣтъ тому назадъ миланскому астроному Скандарелли, отличающемуся весьма острымъ зрѣніемъ и ставящему себѣ самую превосходную наблюдатель, подѣ чистымъ итальянскимъ небомъ удалось увидѣть на поверхности Меркурія пятна и полосы, изображенныя на рис. 108.

Среднее разстояніе Меркурія отъ солнца или большая полуось его орбиты равняется 0,387 разсуду земной орбиты, что составляетъ 57 510 000 километровъ. Такъ какъ его орбита имѣетъ весьма вытянутую форму, то истинныя разстоянія этой планеты отъ солнца

мѣняются въ довольно значительныхъ предѣлахъ. Въ перигелии Меркурій отстоитъ отъ солнца на 45 710 000 километровъ, а въ афелии на 69 300 000. Еще больше различаются между собою его истинныя разстоянія отъ земли, такъ какъ наименьшее изъ нихъ составляетъ только 76 милліоновъ километровъ, а наибольшее достигаетъ 220 милліоновъ километровъ.

Діаметръ Меркурія составляетъ только 4800 километровъ; такимъ образомъ онъ приблизительно въ три раза меньше земного діаметра. Вообще Меркурій является наименьшей изъ всѣхъ большихъ планетъ. Его поверхность равна только 72 милліонамъ квадратныхъ километровъ и слѣдовательно составляетъ приблизительно седьмую часть поверхности земного шара. Объемъ Меркурія равняется 57 000 милліоновъ кубическихъ километровъ и слѣдовательно приблизительно въ 20 разъ меньше объема земли. Сравнительные размѣры Меркурія и земли даны на рис. 109. Сжатіи у Меркурія до сихъ поръ замѣтить не удалось.

Такъ какъ Меркурій находится на весьма близкомъ разстояніи отъ солнца, являющагося причиной движеній всѣхъ планетъ, то онъ описываетъ свой путь около этого центрального тѣла съ наибольшею въ сравненіи съ остальными планетами скоростью. Именно, средняя скорость его движенія составляетъ 47,5 километровъ въ секунду. Полный оборотъ относительно неподвижныхъ звѣздъ Меркурій совершаетъ въ 87,969 сутокъ, а относительно равноденственныхъ точекъ въ 87,968 сутокъ. Орбита Меркурія наклонена въ плоскости эклиптики подъ угломъ въ  $7^{\circ}$ , и, такимъ образомъ, наклонность орбиты Меркурія значительно превосходитъ наклонности орбитъ остальныхъ большихъ планетъ. Наконецъ, синодическое обращеніе (часть I, § 86) Меркурія составляетъ 115,87 сутокъ.



Рис. 108.

Впослѣдствіи мы познакомимся со способами опредѣленія массы (часть I, § 14) планеты и плотности того вещества, изъ котораго планеты состоятъ. Пока же для полноты свѣдѣній о планетахъ мы будемъ при описаніи каждой изъ нихъ сообщать данныя также и относительно этихъ ихъ свойствъ. Масса Меркурія въ 30 разъ меньше массы земли. Это значитъ, что если бы мы могли на одну чашку вѣсовъ положить нашу землю, то на другую для равновѣсія вѣсовъ пришлось бы положить 30 такихъ шаровъ, какъ Меркурій. Такъ какъ плотность какого-нибудь тѣла равняется его массѣ, раздѣленной на его объемъ (часть I, § 14), и такъ какъ объемъ Меркурія, какъ мы только-что видѣли, въ 20 разъ меньше объема земли, то плотность Меркурія составляетъ  $\frac{20}{30}$  или приблизительно 0,7 плотности земли. Но средняя плотность земли приблизительно въ 5, 6 разъ больше плотности чистой воды; слѣдовательно, плотность Меркурія почти въ 4 раза больше плотности этой послѣдней.

На поверхности нашей земли тѣла, живыя и неживыя, при паденіи проходятъ въ первую секунду 4,9 метра. Такъ какъ мы не можемъ перенестись на поверхность Меркурія или какой-нибудь другой планеты и произвести тамъ наблюденія надъ падающими тѣлами, то на первый взглядъ кажется, что людямъ не суждено узнать законы свободного

падения тѣла на поверхности любой изъ планетъ. На самомъ же дѣлѣ, напротивъ того, весьма легко, какъ мы впоследствии покажемъ, опредѣлить эти законы, если намъ известны массы планетъ и ихъ диаметры. При помощи весьма простаго вычисленія мы находимъ, что у поверхности Меркурія свободно падающее тѣло въ первую секунду проходитъ 1,2 метра, т.-е. протяженіе почти въ четыре раза меньшее, чѣмъ у поверхности

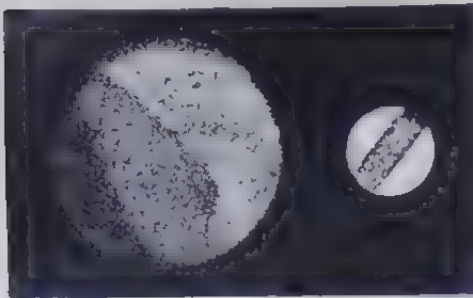


Рис. 109.

земли. Выбѣтъ съ тѣмъ это протяженіе является наименьшимъ изъ всѣхъ, которыя пробѣгаются въ первую секунду свободно падающими тѣлами у поверхностей остальныхъ большихъ планетъ.

§ 36. **Фазы Меркурія.** Мы уже выше Упомянули, что въ зрительныя трубы у Меркурія наблюдаются фазы, совершенно подобны фазамъ луны (смотри также часть I, § 69). Одного взгляда на рис. 110 достаточно, чтобы объяснить фазы Меркурія со всѣми ихъ особенностями. Во время верхняго соединенія (часть I, § 66) эта планета находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли *T*, и потому видимый диаметръ ея въ это время достигаетъ своей наименьшей величины и равняется только 5". Такъ какъ при этомъ освѣщенное солнцемъ полушаріе Меркурія обращено прямо къ землѣ, то оно имѣетъ видъ круглаго свѣтлаго диска, подобно лунѣ во время полнолунія. Во время первой четверти Меркурія мы видимъ только половину освѣщенного его полушарія, вслѣдствіе чего планета представляется намъ въ видѣ полукруга, выпуклою стороною обращенною

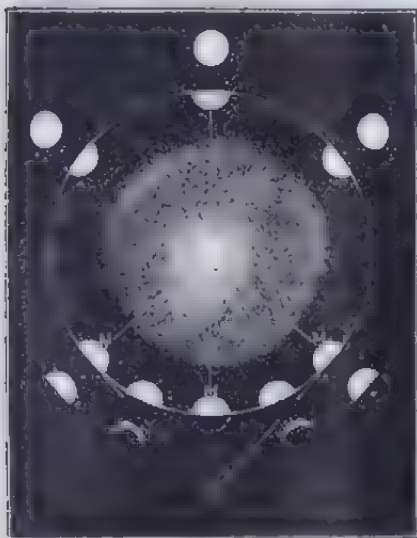


Рис. 110.

къ западу, т.-е. къ солнцу. Въ это время видимый диаметръ Меркурія составляетъ 9". Двигаясь дальше по своей орбитѣ, Меркурій приходитъ въ точку *M*. Въ это время онъ находится въ нижнемъ соединеніи съ солнцемъ, его разстояніе до земли дѣлается наименьшимъ, и вслѣдствіе этого видимый диаметръ достигаетъ своей наибольшей величины и равняется 13". Но такъ какъ въ этомъ положеніи освѣщенное полушаріе Меркурія обращено всецѣло въ сторону, противоположную землѣ, то мы планеты совсѣмъ не видимъ.

При разсмотрѣнныхъ выше условіяхъ Меркурій появляется въ видѣ вечерней звѣзды на западной части неба вскорѣ послѣ захода солнца, къ востоку отъ этого послѣдняго; послѣ же своего нижняго соединенія онъ дѣлается утренней звѣздой и появляется на восточной сторонѣ неба незадолго до восхода солнца, къ западу отъ этого послѣдняго. Вскорѣ послѣ нижняго соединенія, когда угловое разстояніе Меркурія отъ солнца еще

очень велико, онъ представляется намъ въ видѣ тонкой серебряной нити или въ видѣ узкаго серпа, подобнаго серпу луны въ первые дни послѣ новолунія, и выпуклая сторона серпа въ это время обращена къ востоку. Этотъ освѣщенный серпъ съ теченіемъ времени все увеличивается и наконецъ во время послѣдней четверти Меркурій опять принимаетъ форму полукруга. При своемъ дальнѣйшемъ движеніи по орбитѣ онъ снова приходитъ въ верхнее соединеніе съ солнцемъ и тогда опять представляется намъ въ видѣ полного диска

(смотри также часть I, § 59). Сравнительные видимые размеры Меркурия, когда онъ находится въ наибольшемъ, среднемъ и наименьшемъ разстояніяхъ отъ земли, изображены на рис. 111. Всѣ вышеописанныя явленія вполне согласуются съ наблюденіями, и выше (часть I, § 69) уже было сказано, что эти фазы могутъ быть разсматриваемы какъ одно изъ превосходнѣйшихъ подтвержденій планетной системы Коперника. Правда, вначалѣ, когда безъ помощи зрительной трубы, которая тогда еще не была изобрѣтена, не могли видѣть фазъ не только Меркурія, но даже и Венеры, на это обстоятельство смотрѣли какъ на опроверженіе Коперниковой системы; но Коперникъ, вполне убѣжденный въ истинности своего открытія, не обращалъ вниманія на эти возраженія, имѣвшія въ то время весьма большое значеніе, и смѣло утверждалъ, что фазы планетъ непременно должны существовать, но что только мы не можемъ ихъ видѣть, такъ какъ наши глаза слишкомъ слабы для этого. И дѣйствительно, едва только была изобрѣтена труба, какъ Галилей открылъ фазы Венеры, замѣтить которыя гораздо легче, чѣмъ фазы Меркурія.

§ 37. Условія видимости Меркурія.

Меркурій отличается своимъ бѣлымъ цвѣтомъ и своею необыкновенною яркостью, и если его наблюдаютъ въ весьма сильную трубу; онъ на столько ослѣпляетъ глаза наблюдателя, что необходимо помѣстить передъ окуляромъ слабо окрашенное, такъ называемое дымчатое стекло для того, что-



Рис. 111.

бы возможно было спокойно продолжать эти наблюденія. Въ среднихъ широтахъ видѣть Меркурія весьма трудно, такъ что, напр., Коперникъ въ теченіе всей своей жизни ни разу не могъ наблюдать этой планеты, о чемъ онъ высказывалъ сожалѣніе еще на смертномъ одрѣ. Вълѣдствіе такой недоступности Меркурія для наблюденій Местливый учитель великаго Кеплера, неоднократно въ шутку говорилъ, что эта планета существуетъ, повидимому, только для того, чтобы выставить астрономовъ въ невыгодномъ свѣтѣ. Впрочемъ, со времени изобрѣтенія зрительной трубы и особенно послѣ того, какъ въ новѣйшее время астрономическіе инструменты достигли высокой степени совершенства, мы уже безъ всякаго затрудненія можемъ видѣть Меркурія даже въ полдень и притомъ въ весьма незначительномъ угловомъ разстояніи отъ солнца. Въ ближайшемъ будущемъ Меркурій будетъ занимать наиболѣе удобныя положенія для наблюденій въ слѣдующіе дни:

Утромъ	Вечеромъ
17 марта и 5 іюля 1902 г.	28 авг. и 15 декабря 1902 г.
27 февр. и 17 іюня 1903 »	10 » и 27 ноября 1903 »
9 февр. и 30 мая 1904 »	23 іюля и 9 » 1904 »

Каждый изъ указанныхъ дней соотвѣтствуетъ приблизительно срединѣ того промежутка, въ теченіе котораго эта планета наиболѣе доступна для наблюденій. Самые же промежутки охватываютъ отъ 12 до 16 дней. Замѣнимъ, что день наилучшей видимости Меркурія для каждого слѣдующаго года получается черезъ вычитаніе 18 дней изъ даты предыдущаго года.

Трудность наблюденія Меркурія въ нашихъ странахъ объясняется тѣмъ, что онъ постоянно находится вблизи солнца. Поэтому, при своемъ положеніи къ западу отъ солнца, онъ можетъ быть видимъ только утромъ, въ теченіе короткаго времени, незадолго до солнечнаго восхода на восточной части неба; находясь же къ востоку отъ дневнаго свѣтила онъ доступенъ для наблюденій только вечеромъ искорѣ послѣ солнечнаго заката на западномъ небосклонѣ, во опять въ теченіе весьма короткаго времени. Кромѣ того, въ томъ и другомъ случаѣ этимъ и безъ того затруднительнымъ наблюденіямъ сильно мѣшаютъ су-



мерки и близость планеты къ горизонту. Выше, подробно разбирая видимое движеніе этой планеты около солнца (часть I, § 59), мы говорили, что въ среднемъ она удаляется къ востоку или западу отъ солнца только на  $23^{\circ}$ . Однако, если во время элонгаціи (I, § 69) Меркурій находится въ афелии своей орбиты, то вслѣдствіе большого эксцентриситета этой послѣдней угловое разстояніе планеты отъ солнца можетъ доходить до  $29^{\circ}$ . На первый взглядъ можетъ показаться, что во время такой наибольшей своей элонгаціи Меркурій долженъ быть наиболѣе доступенъ для наблюденій, такъ какъ въ этомъ случаѣ меньше всего мѣшаютъ яркіе лучи солнечнаго свѣта, и кромѣ того во время восхода или захода солнца планета находится еще довольно высоко надъ горизонтомъ. Но съ другой стороны въ этомъ случаѣ Меркурій слишкомъ далеко отстоитъ отъ земли и потому не можетъ сіять во всемъ своемъ блескѣ. Напротивъ того, всѣ обстоятельства, отъ которыхъ зависитъ наилучшая видимость Меркурія, складываются наиболѣе благоприятнымъ образомъ въ томъ случаѣ, когда онъ находится вблизи своего нижняго соединенія съ солнцемъ и отстоитъ отъ него на  $15^{\circ}$ — $18^{\circ}$ . Въ этомъ положеніи Меркурій по изслѣдованіямъ Штампера на 4 степени \*) ярче средней звѣзды первой величины и слѣдовательно въ темную ночь представлялъ бы собою весьма яркое свѣтило, если бы могъ находиться высоко надъ горизонтомъ.

Въ южныхъ странахъ Меркурій гораздо легче доступенъ для наблюденій какъ вслѣдствіе болѣе короткой продолжительности сумерекъ, такъ и вслѣдствіе того, что тамъ горизонтъ несравненно чище, чѣмъ у насъ. Поэтому-то древніе греки настолько часто наблюдали эту планету, что изъ своихъ наблюденій могли даже вывести теорію ея движенія. Правда, таблицы Меркурія въ томъ видѣ, какъ намъ ихъ передалъ Птоломей, являются наиболѣе несовершенными среди таблицъ остальныхъ планетъ, и въ нихъ ошибки, по сравненію съ новѣйшими точными таблицами, доходятъ до  $7^{\circ}$ ; но и въ такомъ состояніи онѣ являются наилучшимъ доказательствомъ того, съ какимъ прилежаніемъ и терпѣніемъ производили свои наблюденія древніе астрономы, въ распоряженіи которыхъ еще не было зрительныхъ трубъ.

§ 38. **Вращеніе Меркурія.** Пятна или скорѣе слѣды пятенъ были замѣчены на поверхности Меркурія только весьма недавно (§ 35). Несмотря на это, Шретеру въ началѣ XIX столѣтія, повидимому, удалось другимъ способомъ опредѣлить элементы вращенія Меркурія около оси. Именно во время своихъ весьма тщательныхъ наблюденій этой планеты, на которыя онъ потратилъ много труда и времени, онъ, какъ ему казалось, неоднократно замѣчалъ, что въ то время какъ Меркурій представляется въ видѣ узкаго серпа, острый конецъ рога периодически мѣняетъ свой видъ; это явленіе Шретеръ объяснилъ вращеніемъ планеты и изъ своихъ наблюденій вывелъ, что продолжительность періода вращенія круглымъ числомъ составляетъ 24 часа. Такимъ образомъ по изслѣдованіямъ Шретера Меркурій совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ то же время, какъ и земля. Этотъ результатъ казался правдоподобнымъ уже потому, что раньше для Марса было найдено приблизительно такое же время вращенія около оси. Поэтому-то результатъ, найденный Шретеромъ въ теченіе довольно продолжительнаго времени былъ принятъ въ наукѣ. Только въ концѣ 1889 года Скіапарелли нормализъ астрономическій міръ въ высшей степени важнымъ сообщеніемъ, что онъ на основаніи своихъ восьмидѣятныхъ непрерывныхъ наблюденій пришелъ къ убѣжденію объ ошибочности результата, найденнаго Шретеромъ. Именно, Скіапарелли утверждалъ, что вращеніе Меркурія происходитъ гораздо медленнѣе, и что полный оборотъ около оси эта планета совершаетъ въ 88 дней, т. е. въ то же самое время, въ теченіе котораго она описываетъ полный кругъ около

\*) Степенью называется 0,1 звѣздной величины или, иначе говоря, 0,1 свѣтовой разницы между звѣздами двухъ смежныхъ классовъ.

солнца; другими словами, Меркурий при своемъ движеніи около солнца постоянно обращенъ къ этому послѣднему одною и тою же стороною, подобно тому какъ это имѣеть мѣсто также относительно луны при ея движеніи около земли. Наконецъ, ось вращенія Меркурия почти перпендикулярна къ плоскости его орбиты.

Только что высказанное положеніе, что Меркурий обращенъ къ солнцу постоянно одною и той же стороною, не совсемъ вѣрно и потому требуетъ небольшого измѣненія. На основаніи законовъ механики необходимо допустить, что вращеніе Меркурия около оси, подобно вращенію нашей земли, происходитъ съ постоянною угловою скоростью, что, кстади сказать, было найдено миланскимъ астрономомъ Скиапарелли также и изъ наблюдений. Если бы Меркурий двигался около солнца по окружности круга, то и это послѣднее движеніе совершалось бы также съ постоянною угловою скоростью, и потому при равенствѣ времени вращенія планеты около оси и обращенія ея около солнца она въ действительности всегда была бы обращена къ солнцу одною и той же стороною. Но орбита Меркурия характеризуется довольно значительнымъ эксцентриситетомъ, во всякомъ случаѣ превосходящимъ эксцентриситеты орбитъ остальныхъ большихъ планетъ; поэтому при движеніи Меркурия отъ перигелія къ афелію уголъ, описанный въ теченіе нѣкотораго промежутка времени радиусомъ-векторомъ планеты, всегда больше угла поворота ея около оси въ теченіе того же промежутка, а разность этихъ угловъ, равная въ перигеліи нулю, постепенно увеличивается, въ нѣкоторой точкѣ между перигеліемъ и афеліемъ достигаетъ наибольшей величины, затѣмъ начинаетъ уменьшаться и въ афеліи опять обращается въ нуль. При движеніи Меркурія отъ афелія къ перигелію наблюдаются подобныя же явленія съ тою лишь разницею, что въ этомъ случаѣ первый изъ вышеупомянутыхъ угловъ всегда меньше второго. Разность между этими углами, какъ нетрудно понять, всегда равняется такъ называемому уравненію орбиты (часть I, § 82), которое для Меркурия, вследствие большого эксцентриситета его орбиты, доходитъ до  $23,7^{\circ}$ . Такой величины разность вышеупомянутыхъ угловъ достигаетъ при среднихъ аномаліяхъ (часть I, § 82), равныхъ соответственно  $75,3$  и  $284,7^{\circ}$ . Вследствіе этого, при движеніи Меркурія отъ перигелія къ афелію, на восточномъ его краѣ мало-по-малу начинаютъ освѣщаться солнцемъ такія части, которыя вначалѣ лежали на задней сторонѣ планеты и были удалены отъ плоскости, отдѣляющей освѣщенное полушаріе отъ неосвѣщеннаго, на  $23,7^{\circ}$ . Напротивъ того, при движеніи Меркурія отъ афелія къ перигелію, то же самое происходитъ на западномъ его краѣ. Къ этому явленію, называемому либраціей, мы еще вернемся впоследствии, когда рѣчь будетъ идти о нашей лунѣ. Изъ предыдущаго ясно, что во время полнаго оборота Меркурія около солнца этимъ послѣднимъ освѣщается на поверхности планеты, вообще, пространство, охватывающее по долготѣ  $180^{\circ} + 2 \times 23,7^{\circ} = 227,4'$ , и только остальныя  $132,6^{\circ}$  остаются погруженными въ вѣчный мракъ.

Замѣчательнымъ слѣдствіемъ равенства времени вращенія Меркурія около оси и обращенія около солнца является то обстоятельство, что при обыкновенныхъ условіяхъ ни одно живое существо, находящееся внѣ этой планеты, не можетъ видѣть ту ея часть, которая никогда не освѣщается солнцемъ, и только во время прохожденія Меркурія передъ дискомъ солнца (§ 41) и эта часть дѣлается доступною для наблюдателей въ видѣ темнаго пятна. Правда, напр., къ жителямъ земли во время каждаго синодическаго (часть I, § 86) оборота Меркурія послѣдовательно обращаются всѣ части его поверхности; но такъ какъ эта планета не свѣтится собственнымъ свѣтомъ, то изъ обращенныхъ къ намъ частей ея тѣ, которыя не освѣщаются солнцемъ, остаются для насъ невидимыми, и въ это время Меркурій представляется намъ въ одной изъ своихъ неполныхъ фазъ (§ 36).

§ 39. Освѣщеніе Меркурія солнцемъ. Послѣ всего вышесказаннаго читателю должно быть ясно, что вообще не можетъ быть и рѣчи о смѣнѣ дней и ночей и о временахъ года на Меркурій. Въ самомъ дѣлѣ допустимъ, что ось вращенія Меркурия перпендикулярна къ

плоскости его орбиты, что во всякомъ случаѣ, какъ мы выше (§ 38) видѣли, весьма близко къ меридиану. Положимъ дальѣ, что рис. 108 представляетъ полушаріе Меркурія, обращенное къ солнцу, въ то время, когда планета находится въ перигелии. Въ такомъ случаѣ въ этотъ моментъ солнце должно быть въ зенитѣ для тѣхъ точекъ планеты, которыя лежатъ около центра диска, изображеннаго на рис. 108. Въ тѣхъ точкахъ планеты, которыя удалены отъ этого центра по любому направленію на нѣкоторое число градусовъ, солнце должно отстоять отъ зенита на такое же число градусовъ, и наконецъ въ точкахъ, лежащихъ на окружности диска, изображеннаго на рис. 108, солнце можетъ быть видимо только въ горизонтѣ. При удаленіи Меркурія отъ перигелия солнце начинаетъ медленно перемѣщаться по экватору планеты и черезъ 18,3 дней усматривается въ зенитѣ изъ той точки планеты, которая удалена отъ центра диска по экватору на  $23,7^{\circ}$  къ востоку. Вслѣдствіе этого при движеніи Меркурія отъ перигелия къ афелию на западномъ краѣ планеты постепенно переходятъ на неосвѣщенное полушаріе точки, лежащія на пространствѣ, охватываемомъ по экватору  $23,7^{\circ}$ , но зато на восточномъ краѣ такое же пространство перемѣщается съ освѣщеннаго полушарія на освѣщенное. Послѣ этого солнце начинаетъ перемѣщаться по экватору планеты въ обратную сторону, а черезъ 25,6 дней оно снова усматривается въ зенитѣ изъ тѣхъ точекъ, которыя лежатъ около центра диска (рис. 108); въ это время Меркурій находится въ афелии своей орбиты. Но перемѣщеніе солнца и послѣ этого происходитъ въ томъ же самомъ направленіи, такъ что еще черезъ 25,6 дней оно достигаетъ зенита той точки, которая удалена отъ центра диска по экватору на  $23,7^{\circ}$  къ западу. Вслѣдствіе этого при движеніи Меркурія отъ афелия къ перигелию наблюдаются явленія, обратныя тѣмъ, которыя имѣли мѣсто раньше, а именно на западномъ краѣ планеты точки, лежащія на пространствѣ, охватываемомъ  $23,7^{\circ}$ , переходятъ на освѣщенную часть, а на восточномъ краѣ, наоборотъ, точки, лежащія на такомъ же пространствѣ, погружаются во мракъ. Затѣмъ солнце начинаетъ перемѣщаться опять въ обратномъ направленіи, и черезъ 18,3 дней, т. е. по истеченіи полнаго оборота Меркурія около солнца, это послѣднее снова достигаетъ зенита тѣхъ точекъ, которыя лежатъ около центра диска (рис. 108). Послѣ этого всѣ вышеописанныя явленія повторяются опять въ прежнемъ порядкѣ. Такимъ образомъ, изъ точекъ Меркурія, лежащихъ въ поясахъ, простирающихся на  $66,3^{\circ}$  по долготѣ въ обѣ стороны отъ центра диска и составляющихъ вмѣстѣ пространство, охватываемое  $123,6^{\circ}$  по долготѣ, солнце усматривается постоянно надъ горизонтомъ. Къ этому пространству какъ съ восточной, такъ и съ западной стороны прилегаютъ поясы, охватываемые по долготѣ  $47,4^{\circ}$  каждый и характеризующіеся тѣмъ, что въ точкахъ, лежащихъ въ этихъ поясахъ, при каждомъ оборотѣ Меркурія около солнца это послѣднее заходитъ на болѣе или менѣе продолжительное время, а на границахъ этихъ поясовъ оно появляется надъ горизонтомъ лишь на нѣсколько мгновеній.

На границахъ только-что упомянутыхъ поясовъ, равно какъ и въ полярныхъ странахъ Меркурія, солнце никогда не поднимается высоко надъ горизонтомъ, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто также и въ полярныхъ странахъ нашей земли.

Изъ предыдущаго ясно, что приблизительно третья часть всей поверхности Меркурія совершенно не получаетъ отъ солнца его благотворныхъ лучей, и что условія освѣщенія и нагреванія, господствующія въ остальныхъ частяхъ поверхности этой планеты, совершенно отличны отъ условій, имѣющихъ мѣсто на нашей землѣ.

Солнечный дискъ, діаметръ котораго съ Меркурія представляется въ 3 раза, а площадь въ 9 разъ больше, чѣмъ съ земли, усматривается съ первой изъ этихъ планетъ всегда въ одной и той же, сравнительно небольшой части небесной сферы, въ которой онъ, подобно маятнику, колеблется около нѣкотораго своего средняго положенія. При этомъ въ теченіе года, составляющаго на Меркуріѣ 88 нашихъ дней, солнце совершаетъ только одинъ размахъ, полная амплитуда котораго равняется  $47,4^{\circ}$ . Поэтому въ страны Мерку-

рія, лежачія приблизительно въ центрѣ обращеннаго къ солнцу полушарія, это свѣтло посылаетъ свои палящіе лучи всегда почти по перпендикулярному направленію, причемъ въ этихъ странахъ совершенно невозможно какое бы то ни было охлажденіе вследствие того, что тамъ нѣтъ смѣны дней и ночей. Чѣмъ дальше отъ этихъ странъ отойти по любому направленію точка на поверхности Меркурія, тѣмъ меньше высота огромнаго огненнаго солнечнаго шара надъ горизонтомъ. На полюсахъ Меркурія солнце всегда находится на самомъ горизонтѣ, между тѣмъ какъ въ крайнихъ точкахъ, лежащихъ на экваторѣ, по временамъ оно можетъ, какъ мы уже видѣли, также и погружаться подъ горизонтъ. При этомъ не слѣдуетъ забывать, что контрасты свѣта и теплоты на Меркуріѣ выступаютъ гораздо рѣзче, чѣмъ у насъ на землѣ. Нетрудно вычислить, что вследствие близости Меркурія къ солнцу освѣщеніе, которое онъ получаетъ, или, другими словами, яркость его дня приблизительно въ 7 разъ больше, чѣмъ у насъ на землѣ. То же самое относится и къ количеству теплоты, которое Меркурій получаетъ отъ солнца нѣкоторая площадь на поверхности Меркурія получаетъ въ 7 разъ больше теплоты, чѣмъ такая же площадь на поверхности земли. Но вмѣстѣ съ тѣмъ отсюда еще нельзя дѣлать заключенія, что температура, господствующая на Меркуріѣ, также въ 7 разъ выше температуры, господствующей у насъ на землѣ. Въ самомъ дѣлѣ температура на поверхности какой-нибудь планеты зависитъ главнымъ образомъ отъ того, насколько атмосфера этой планеты препятствуетъ обратному излученію полученной теплоты. Это становится вполнѣ яснымъ при восхожденіи на высокія горы. На горахъ какъ свѣтовое, такъ и тепловое напряженіе солнечныхъ лучей гораздо сильнѣе, чѣмъ въ равнинахъ, такъ какъ тамъ эти лучи, чтобы достигъ земной поверхности, не должны проходить черезъ весьма плотные и потому обладающіе наибольшей поглощательной способностью нижніе слои нашей атмосферы. Но въ то же время на горахъ, какъ всякій знаетъ, значительно холоднѣе, чѣмъ въ равнинахъ, такъ какъ на большихъ высотахъ земная атмосфера уже въ сильной степени разрѣжена и потому можетъ лишь весьма незначительно препятствовать обратному излученію полученной теплоты въ мировое пространство. Исслѣдованія Ланглея впервые пролили надлежащій свѣтъ на значеніе атмосферъ для планетъ. На основаніи этихъ исслѣдованій оказывается, что безъ существованія нашей атмосферы температура на поверхности нашей земли понизилась бы до 40° или даже 50° ниже нуля по стоградусному термометру. Поэтому мы обязаны исключительнымъ свойствамъ нашей атмосферы тѣмъ обстоятельствомъ, что наша земля пригодна для органической жизни, такъ какъ иначе вся ея поверхность на вѣки была бы погружена подъ ледянымъ покровомъ, подобно тому, какъ теперь это имѣетъ мѣсто въ полярныхъ странахъ въ зимнее время.

Поэтому, хотя Меркурій получаетъ отъ солнца какъ свѣта, такъ и теплоты въ 7 разъ больше, чѣмъ наша земля, тѣмъ не менѣе отсюда вовсе не слѣдуетъ, что на поверхности этой планеты также и температура въ 7 разъ выше температуры на нашей землѣ, и если бы между землей и Меркуріемъ существовала только одна эта равнина, то и на немъ легко можно было бы представить себѣ живыя существа, подобныя намъ. Но на самомъ дѣлѣ и всѣ другія условія жизни на Меркуріѣ настолько рѣзко отличаются отъ условій, имѣющихъ мѣсто у насъ на землѣ, что не можетъ быть и рѣчи о существованіи на первой изъ этихъ планетъ людей, подобныхъ намъ.

§ 40. **Атмосфера Меркурія.** Во время своихъ многолѣтнихъ наблюденій Меркурій Шретеръ неоднократно замѣчалъ, что нѣкоторыя отдѣльныя мѣста его поверхности внезапно дѣлались болѣе свѣтлыми и затѣмъ черезъ нѣкоторое время снова темнѣли. Отсюда онъ заключилъ, что это были облака и что слѣдовательно планета окружена атмосферой, такъ какъ безъ существованія этой послѣдней нельзя себѣ представить облаковъ. Такъ какъ нижніе, прилегающіе къ планетѣ слои этой атмосферы по извѣстному закону физики должны быть плотнѣе верхнихъ и такъ какъ при различныхъ фазахъ планеты свѣтовая

граница опредѣляется тѣми точками, для которыхъ солнце въ этотъ моментъ находится въ горизонтѣ, то неоднократно наблюдавшаяся Шретеромъ неопредѣленность очертаній упомянутой свѣтовой границы получала такимъ образомъ вполне правдоподобное и удовлетворительное объясненіе. Правда, въ новѣйшее время наблюдатели никогда не замѣчали подобнаго явленія; поэтому, вслѣдствіе неблагоприятнаго для наблюдений положенія Меркурія весьма возможно, что явленіе, на которое указывалъ Шретеръ, отчасти должно быть отнесено къ оптическимъ обманамъ, отчасти же зависѣло отъ нашихъ атмосферныхъ условий. Но тѣмъ не менѣе выбюса другія указанія на существованіе довольно плотной атмосферы у Меркурія. Такъ, напр., дискъ Меркурія представляется несравненно болѣе блѣднымъ, чѣмъ дискъ Венеры, между тѣмъ какъ вслѣдствіе большей близости къ солнцу первой изъ этихъ планетъ слѣдовало бы ожидать противоположнаго. По наблюдениямъ Насмита и Виннеке эта блѣдность Меркурія выступала особенно ясно въ концѣ сентября 1878 г., когда Меркурій и Венера находились на небесной сферѣ весьма близко другъ отъ друга, такъ что обѣ планеты были видны одновременно въ полѣ зрѣнія трубы. Точно также Цельнеръ и Виннеке нашли, что отражательная способность Меркурія или такъ называемое альbedo этой планеты въ 5 разъ меньше отражательной способности Венеры; а Шейперъ для отношенія отражательныхъ способностей этихъ двухъ планетъ даже получалъ дробь  $\frac{1}{7}$ . Это можетъ быть объяснено только существованіемъ достаточно плотной атмосферы у Меркурія. Къ тому же самому результату приводятъ и спектральныя изслѣдованія Фотеля, указывающія на то, что Меркурій окруженъ атмосферой, сходной съ нашей земной.

\* Такъ какъ Меркурій посылаетъ намъ только отраженный солнечный свѣтъ, то и спектръ этой планеты есть ни что иное, какъ солнечный спектръ. Такъ называемыя теллурическія линіи или полосы, появляющіяся отъ измѣненія солнечнаго свѣта въ нашей атмосферѣ, также видны и въ этомъ спектрѣ. Эти полосы наблюдаются въ спектрахъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ, такъ какъ ихъ свѣтъ, прежде чѣмъ достигнуть спектроскопа, долженъ пройти черезъ нашу атмосферу. Нетрудно понять, что теллурическія или атмосферическія линіи выступаютъ рѣзче въ томъ случаѣ, когда изслѣдуемое свѣтило находится вблизи горизонта. Если атмосфера Меркурія по своему химическому составу подобна нашей, то въ такомъ случаѣ теллурическія линіи должны быть темнѣе въ томъ случаѣ, когда спектроскопъ направленъ на Меркурія, и слабѣе, когда при помощи спектроскопа изслѣдуется луна, находящаяся на такой же высотѣ надъ горизонтомъ, такъ какъ у луны, какъ мы потомъ узнаемъ, совсѣмъ нѣтъ атмосферы. Слабый намекъ на подобное усиленіе теллурическихъ линій былъ замѣченъ въ действительности. \*

§ 41. Прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ. Если Меркурій во время своего нижняго соединенія съ солнцемъ находится недалеко отъ эклиптики, а слѣдовательно также и недалеко отъ одного изъ своихъ узловъ, то онъ намъ представляется въ видѣ небольшого чернаго круга пятна на солнечномъ дискѣ. Это явленіе называется прохожденіемъ планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Въ это время видимый съ земли діаметръ Меркурія составляетъ  $13''$ . \* Въ настоящее время долгота восходящаго узла орбиты Меркурія приблизительно равна  $47^\circ$ , а нисходящаго  $227^\circ$ . Гелиоцентрическая долгота (часть I, § 79) земли принимаетъ это значеніе въ маѣ и ноябрѣ. \* Поэтому при настоящемъ положеніи линій узловъ Меркурія прохожденія этой планеты могутъ случаться также только въ маѣ и ноябрѣ. Кеплеръ на основаніи составленныхъ имъ самимъ таблицъ движенія этой планеты впервые предсказалъ такое прохожденіе на 1631 годъ, и это прохожденіе действительно было наблюдаемо Гассенди въ Парижѣ 7 ноября 1631 года. Съ тѣхъ поръ астрономы уже неоднократно наблюдали прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ, такъ какъ въ теченіе столѣтій въ среднемъ бываетъ 13 такихъ прохожденій. Последнее прохожденіе Меркурія наблюдалось 10 ноября 1894 года. Рисунокъ 112 пред-

ставляет пути Меркурия на солнечномъ дискѣ во время 13 его прохожденій, имѣвшихъ мѣсто въ XIX-мъ столѣтїи. Въ настоящемъ XX столѣтїи два ближайшихъ прохожденія Меркурия произойдутъ 17 ноября 1907 года и 6 ноября 1914 года. Оба эти прохожденія будутъ вполне доступны для наблюденій въ среднихъ широтахъ. Считаемо полезнымъ привести времена начала, середины и конца явленія для этихъ двухъ прохожденій.

	Начало	Середина	Конецъ
14 ноября 1907 . . .	10 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> утра	0 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> полн.	1 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> полн.
6 > 1914 . . .	10 3 >	05 >	3 7 >

Эти данныя относятся къ центру земли. Это значитъ, что въ указанныя моменты, которые, между прочимъ, выражены въ среднемъ тринвическомъ времени, наблюдатель увидѣлъ бы различные фазы явленія въ томъ случаѣ, если бы онъ могъ помѣститься въ центрѣ земли.

Черезъ каждыя 46 лѣтъ прохожденія Меркурия повторяются въ прежнемъ порядкѣ, такъ какъ 46 земныхъ лѣтъ по своей продолжительности почти въ точности равняется 191 обороту Меркурия около солнца. въ первомъ изъ этихъ периодовъ заключаются 16801,79 дней, а во второмъ 16802,13. Но такъ какъ между продолжительностями этихъ двухъ периодовъ все-таки существуетъ небольшая, хотя и небольшая разница, то черезъ каждыя 46 лѣтъ при соответствующемъ ноябрьскомъ прохожденіи хорда, описываемая Меркуриемъ на солнечномъ дискѣ, перемѣщается на 1,7' къ сѣверу, въ чемъ читатели могутъ легко убѣдиться, сравнивъ на рисункѣ 112 три прохожденія: 9 ноября 1802 г., 9 ноября 1848 года и 10 ноября 1894 г. При майскихъ же прохожденіяхъ эта хорда каждый разъ перемѣщается нѣсколько къ югу. \* Кроме того, внутри 46-лѣтняго періода прохожденія около одного и того же угла случаются обыкновенно черезъ 13 лѣтъ одно послѣ другого, иногда черезъ 6 или 7 лѣтъ, но могутъ также слѣдовать одно за другимъ и черезъ 33 года. Далѣе ноябрьское прохожденіе весьма часто бываетъ отдѣлено отъ майскаго промежуткомъ, равнымъ 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> годамъ. Вообще же въ теченіе большого промежутка времени гораздо чаще наблюдаются прохожденія въ ноябрѣ, чѣмъ въ маѣ. \*

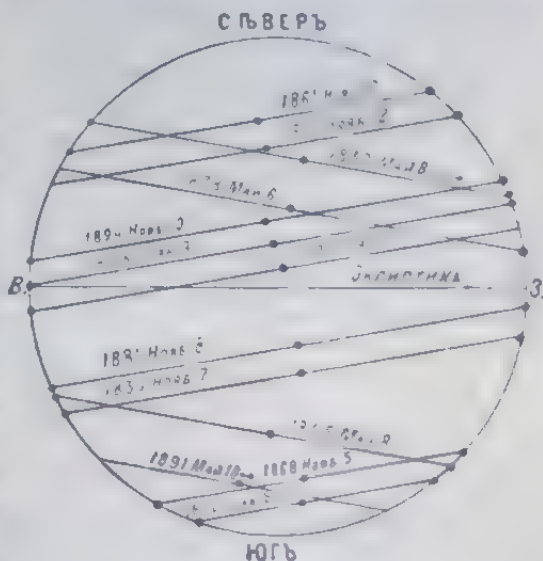


Рис. 112.

Вмѣсто періода, равнаго 46 годамъ, можно остановиться на другомъ, еще болѣе точномъ, именно на 217-лѣтнемъ періодѣ, продолжительность котораго настолько близко подходитъ къ продолжительности періода, охватывающаго 901 оборотъ Меркурия около солнца, что вышеупомянутое перемѣщеніе хорды къ сѣверу или къ югу въ этомъ случаѣ составляетъ всего только 0,2'. Поэтому, по истеченіи такого періода не только прохожденія Меркурия повторяются въ прежнемъ порядкѣ, но и всѣ обстоятельства двухъ прохожденій, отдѣленныхъ одно отъ другого 217-лѣтнимъ промежуткомъ времени, настолько одинаковы, что на основаніи вычисленій или наблюденій, относящихся къ одному изъ этихъ прохожденій, можно съ точностью до одной минуты времени дѣлать предсказанія также и относительно другого. Такъ, напр., моменты начала и конца, замѣченные во время прохожденія

Меркурия 7 ноября 1861 года, съ удовлетворительною точностью опредѣляютъ также начало и конецъ прохожденія, имѣвшаго мѣсто 9 ноября 1848 года.

Что выше было сказано о прохожденіяхъ Меркурія, то, конечно, относится также и вообще къ движению этой планеты: черезъ каждыя 46 лѣтъ Меркурій снова возирается къ прежнимъ неподвижнымъ звѣздамъ; даже, по истеченіи того же самаго періода повторяются въ прежнемъ порядкѣ условія, при которыхъ эта планета наиболѣе доступна для наблюдений и т. д.

Періоды, подобныя вышеуказаннымъ и характеризующіеся тѣмъ, что по истеченіи ихъ всѣ обстоятельства движенія планетъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ, имѣли весьма важное значеніе для древнихъ астрономовъ, такъ какъ въ то время предсказанія небесныхъ явленій не основывались на предвычисленіи, какъ теперь, а дѣлались исключительно на основаніи подобныхъ періодовъ. Поэтому понятно, что древніе астрономы все свое остроуміе и всю свою неутомимую энергию прилагали къ отысканію подобныхъ періодовъ, и справедливость требуетъ сказать, что они и дѣйствительно открыли цѣлый рядъ такихъ періодовъ. Такъ, халдеямъ былъ извѣстенъ только-что упомянутый 46-лѣтній періодъ въ движеніи Меркурія, они же замѣтили, что черезъ каждыя 8 лѣтъ повторяется въ прежнемъ порядкѣ движеніе Венеры относительно неподвижныхъ звѣздъ; свои предсказанія лунныхъ затмѣній они дѣлали на основаніи сароса (часть I, § 102), періода, продолжительность котораго составляетъ 18 лѣтъ и 10 дней (точнѣе 6585,4 дней) и т. д. Греки для той же цѣли пользовались менѣе точнымъ 19-лѣтнимъ періодомъ, который извѣстенъ подъ названіемъ метонова цикла. Но чтобы, не зная законовъ движенія планетъ, на основаніи однихъ только наблюдений не только открыть подобные періоды, но и съ достаточною точностью опредѣлить ихъ продолжительность, безъ сомнѣнія, были необходимы весьма значительныя промежутки времени. Поэтому невольно приходишь къ убѣжденію, что первыя наблюденія свѣтила небесныхъ и начало цивилизаціи вообще относятся къ гораздо болѣе глубокой древности, чѣмъ это обыкновенно думаютъ.

## ГЛАВА IV.

### В е н е р а.

§ 42. **Общія свѣдѣнія.** Венера — это самая яркая и самая красивая изъ всѣхъ планетъ, она подходитъ къ землѣ ближе всѣхъ другихъ большихъ планетъ, и потому ея кажущаяся скорость движенія наибольшая; по всей вѣроятности быстрое движеніе Венеры впервые навело астрономовъ на мысль, что кромѣ неподвижныхъ звѣздъ существуютъ еще другія небесныя тѣла, такъ называемыя планеты.

Венеру весьма легко узнать по ея ослѣпительно яркому бѣлому свѣту. Венера, если не считать нѣкоторыхъ кометъ, есть единственное небесное свѣтило, которое, подобно лунѣ, можетъ быть видно невооруженнымъ глазомъ черѣзко даже днемъ, когда на небѣ сияетъ солнце, ночью же при свѣтѣ Венеры при благоприятныхъ обстоятельствахъ предметы отражаютъ тѣнь (рис. 113). На основаніи изслѣдованій Вилькюкса эта тѣнь отличается отъ тѣни, отражаемой предметами при солнечномъ и лунномъ свѣтѣ, тѣмъ, что она претаетъ довольно рѣзко ограниченной и не окружена полутѣнью. Вилькюксъ объясняетъ это обстоятельство тѣмъ, что Венера претавляется намъ на небесной сферѣ въ видѣ свѣтлой точки, солнце же или луна—въ видѣ дисковъ.

Вѣдѣніе яркости своего свѣта Венера была извѣстна уже въ весьма древнія времена. Венера — это единственная изъ планетъ, которая упоминается въ дошедшихъ до насъ произведеніяхъ древнихъ поэтовъ. Такъ, Гомеръ называетъ ее прекраснѣйшей, κάλλιστος (Илиада XXII).

... звезда меж звездами въ сумракъ ночи сіяет,  
Гесперь, который на небѣ прекраснѣ всѣхъ и свѣтлѣе.

Названіе Гесперь или Весперуго, что значитъ вечерняя звезда, Венера получила потому, что ея переименія среди неподвижныхъ звездъ по всей вѣроятности были открыты тогда, когда она была видима вечеромъ на западной части небосклона. Но вскорѣ послѣ этого, конечно, замѣтили, что подобная же яркая звезда появляется иногда утромъ на восточной части небесной сферы, вѣдствие чего эту новую звезду назвали Фосфоромъ или Люциферомъ, что значитъ приносящая свѣтъ (утренняя звезда). Безъ большого труда можно было убѣдиться, что обѣ эти звезды суть ничто иное, какъ одно и то же свѣтило. Говорятъ, что Пиевагоръ первый отождествилъ эти двѣ звезды. Выше (часть I, § 59) мы уже упоминали, что также и Меркурій появляется на небесной сферѣ то въ видѣ утренней звезды, то въ видѣ вечерней. Однако изъ этихъ двухъ планетъ Венера вѣдствие своей яркости всегда привлекала къ себѣ особенное вниманіе, и греческіе и римскіе поэты весьма часто восхваляли ея красоту.

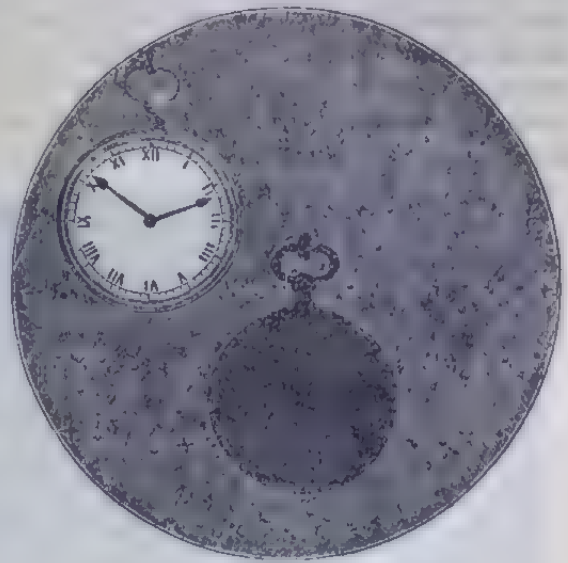


Рис. 113.

Такъ лучезарный Люциферъ, скунавшійся въ волнахъ океана,  
Болѣе всѣхъ свѣтилъ любимый богиней Венерой,  
Свѣтлый свой ликъ поднимаетъ и гонитъ ночные туманы.

(Энеида, VIII).

Новѣйшіе поэты, которые, повидному, менѣе знакомы со звезднымъ небомъ, такъ какъ они воспеваютъ почти исключительно вино и любовь, все же иногда упоминаютъ объ этой замѣчательной планетѣ:

Friend to mankind, she glitters from afar,  
Now the bright ev'ning, now the morning star").

(Baker).

Венера обозначается знакомъ ♀, который изображаетъ зеркало съ ручкой, этотъ необходимѣйшій атрибутъ богини красоты.

§ 43. **Время обращенія Венеры и ея разстоянія отъ солнца и земли.** Разстояніе Венеры до солнца въ среднемъ равняется 0,723 радиуса земной орбиты, что составляетъ приблизительно 108 миллионѣвъ километровъ. Изъ всѣхъ планетныхъ орбитъ орбита Венеры обладаетъ наименьшимъ эксцентриситетомъ: иначе говоря, орбита Венеры болѣе подходитъ къ окружности круга, и потому Венера почти всегда остается на одномъ и томъ же разстояніи отъ солнца. Но зато разстоянія этой планеты отъ земли бываютъ весьма различны. Во время нижняго соединенія Венеры съ солнцемъ, когда она находится ближе всего къ землѣ, это разстояніе составляетъ только 38 миллионѣвъ километровъ. Во время верхняго соединенія это разстояніе, какъ извѣстно, дѣлается наибольшимъ, и въ это

\*) Покровительствуя человѣческому роду, она издали ярко сіяетъ, то въ видѣ вечерней, то въ видѣ утренней звезды.

(Венера).



время Венера отстоитъ отъ земли на 260 милліоновъ километровъ, т.-е. въ 7 разъ дальше, чѣмъ во время своего нижняго соединенія съ солнцемъ. На этомъ основаніи и видимые размеры планеты весьма различны при различныхъ ея положеніяхъ относительно солнца и земли. Во время нижняго соединенія діаметръ Венеры усматривается съ земли подъ угломъ, равнымъ  $65'$ , такъ что въ это время Венера представляется намъ больше всякой другой планеты, не исключая даже Юпитера и Сатурна съ его кольцами. Во время верхняго соединенія Венеры съ солнцемъ, когда все освѣщенное полушаріе ея обращено прямо къ землѣ, видимый діаметръ планеты составляетъ приблизительно  $10''$ . Сравнительные видимые размеры Венеры на крайнихъ и на среднемъ ея разстояніяхъ отъ земли представлены на рисункѣ 114.

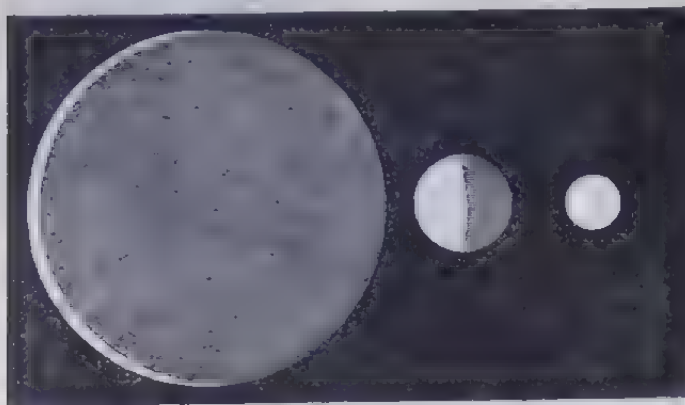


Рис. 114.

Истинный діаметръ Венеры составляетъ 12 тысячъ километровъ; слѣдовательно, онъ лишь немного менѣе діаметра земли. Поверхность Венеры равняется 450 милліонамъ квадратныхъ километровъ и такимъ образомъ составляетъ приблизительно 0,9 поверхности земли. Наконецъ объемъ Венеры, равный 898000 милліоновъ кубическихъ километровъ, составляетъ 0,8 объема земли. Сравнительные размеры земли и Венеры изображены на рисункѣ 115, на которомъ Венера находится справа. Сжатія у Венеры до сихъ поръ совсѣмъ не было замѣчено.

Сидерическое обращеніе Венеры около солнца составляетъ 224,701, тропическое—224,695 и синодическое—583,92 дней (часть I, §§ 84, 85 и 86). При своемъ движеніи около солнца Венера въ среднемъ проходитъ 33,2 километра въ секунду. Масса Венеры составляетъ 0,8 массы земли,

а плотность ея лишь незначительно меньше плотности земли. Наконецъ, на поверхности Венеры свободно падающія тѣла въ первую секунду проходятъ 4,4 метра, т.-е. приблизительно такое же пространство, какъ и у насъ на землѣ.

Изъ предыдущаго ясно, что Венера есть планета, весьма сходная съ нашей землей, такъ какъ всѣ перечисленные до сихъ поръ свойства первой весьма

мало отличаются отъ соответственныхъ свойствъ послѣдней. Однако мы скоро увидимъ, что нѣтъ недостатка также и въ различіяхъ между обѣими планетами.

§ 44. Фазы Венеры и условія ея видимости. Само собою разумѣется, что у Венеры существуютъ такіе же фазы, какъ и у Меркурія; негрудно понять, что фазы Венеры должны быть болѣе замѣтны, чѣмъ фазы Меркурія, такъ какъ Венера не только

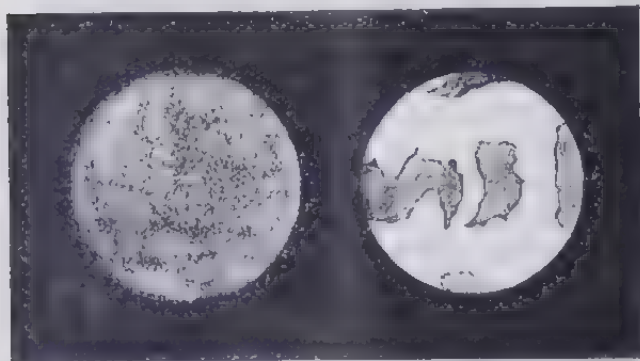


Рис. 115.

больше Меркурія, но кромѣ того часто подходит къ землѣ гораздо ближе, чѣмъ этотъ послѣдній. Фазы Венеры (рис. 116) объясняются совершенно такимъ же образомъ, какъ и фазы Меркурія (§ 36). Фазы Венеры можно замѣтить въ зрительную трубу, обладающую весьма небольшимъ увеличеніемъ, и потому онѣ были открыты еще Галилеемъ тотчасъ послѣ изобрѣтенія зрительной трубы; это открытіе доставило новое блестящее доказательство истинности коперниковой системы міра (часть I, § 69).

Венера можетъ удалиться къ востоку и къ западу отъ солнца на  $48^\circ$ , но во время этихъ элонгацій (часть I, § 59) планеты ея яркость далеко не достигаетъ наибольшей величины. Выше мы уже видѣли, что то же самое имѣетъ мѣсто также и для Меркурія (§ 37). Измѣненіе яркости обѣихъ этихъ планетъ зависитъ отъ двухъ причинъ: отъ измѣненія разстоянія планеты до земли и отъ измѣненія фазы планеты. Вслѣдствіе первой причины яркость планеты постоянно увеличивается при ея перемѣщеніи изъ верхняго соединенія съ солнцемъ въ нижнее, такъ какъ при этомъ планета постепенно приближается къ землѣ; но въ то же самое время вторая причина обуславливаетъ постоянное уменьшеніе яркости вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія фазы.

Такимъ образомъ обѣ эти причины оказываютъ прямо противоположныя другъ другу вліянія на яркость планеты, и вслѣдствіе этого наибольшая яркость имѣетъ мѣсто тогда, когда уменьшеніе яркости вслѣдствіе



Рис 116.

уменьшенія фазы начинаетъ превышать ея увеличеніе вслѣдствіе приближенія планеты къ землѣ. Отсюда вытекаетъ весьма интересная задача, состоящая въ опредѣленіи положенія Венеры, когда она достигаетъ наибольшей яркости. Этой задачей занимался еще Галлей въ 1716 году. Теоретическое рѣшеніе этой задачи представляетъ необыкновенныя трудности, такъ какъ законъ зависимости яркости планеты отъ фазы намъ неизвѣстенъ. Для практическаго же рѣшенія ея не было достаточнаго наблюдательнаго матеріала до тѣхъ поръ, пока не предпринялъ своихъ изслѣдованій относительно этого вопроса Мюллеръ, закончившій свою работу въ 1893 году. На основаніи этихъ изслѣдованій оказывается, что наибольшей яркости Венера достигаетъ при удаленіи на  $39^\circ$  къ востоку или къ западу отъ солнца. Такое положеніе планета занимаетъ въ среднемъ за 36 дней до и черезъ столько же дней послѣ своего нижняго соединенія съ солнцемъ. Въ это время ея видимый діаметръ составляетъ приблизительно  $40''$ , а наибольшая ширина освѣщенной части только  $10''$ ; но вслѣдствіе близости планеты къ намъ яркость этого узкаго серпа въ 69 разъ больше яркости Веги и въ 18 разъ больше яркости Сиріуса, самой яркой звѣзды на небесной сферѣ. При этомъ измѣненія яркости планеты почти совершенно не замѣтны въ теченіе 14 дней какъ до, такъ и послѣ момента наибольшей ея яркости, вслѣдствіе чего около этого времени приблизительно въ теченіе 4 недѣль наблюдатели, обладающіе зоркимъ зрѣніемъ, могутъ видѣть Венеру невооруженнымъ глазомъ даже въ полдень, если только имъ достаточно точно извѣстно положеніе, занимаемое планетой на небесной сферѣ. Если же обстоятельства, обуславливающія наибольшую яркость планеты, совпадаютъ съ благоприятнымъ положеніемъ Венеры относительно солнца, что случается одинъ разъ каждыя 8 лѣтъ (§ 41), то это свѣтло иногда бросается въ глаза днемъ даже обыкновеннымъ смертнымъ. Такой случай имѣлъ мѣсто, напр., 21 іюня 1716 года, когда народъ въ Лондонѣ принялъ это явленіе за чудо и счелъ его за предзнаменованіе близкаго несчастія. Точно также въ 1750 году не менѣе невѣжественная чернь въ Парижѣ была

настолько изволнована подобнымъ же явленіемъ, что пришлось прибѣгнуть къ помощи поляриціи для прекращенія возникшихъ беспорядковъ.

Здѣсь слѣдуетъ упомянуть, что иногда и темная часть диска Венеры бываетъ также видима, хотя и въ весьма слабомъ освѣщеніи; это бываетъ замѣтно особенно тогда, когда освѣщенная часть представляется намъ въ видѣ весьма тонкой свѣтлой нити. Первый обратилъ вниманіе на это явленіе, кажется, Рикчіоли въ 1643 году. Послѣ него въ началѣ XVIII столѣтія то же самое явленіе наблюдали Дерхамъ и Кирхъ, въ XIX же столѣтіи гнѣныя наблюденія производились неоднократно, причемъ Лиману удалось прослѣдить темную часть диска Венеры въ то время, когда планета находилась въ весьма близкомъ угловомъ разстояніи отъ солнца. Причина этого явленія пока остается еще загадочной, и очевидно можетъ быть, что ее надо искать въ своего рода фосфоресценціи или въ электрическихъ разрядахъ, подобныхъ тѣмъ, которыми вызываются свѣрныя сіянія.

§ 45. **Атмосфера, пятна и горы Венеры.** Что Венера окружена атмосферой, плотность которой равна плотности нашей земной атмосферы, это было доказано еще Шретеромъ, который вывелъ такое заключеніе на основаніи своихъ наблюденій надъ сумерками на этой планетѣ (ср. часть I, § 110). Ослѣпительно бѣлый свѣтъ Венеры при переходѣ отъ освѣщенной части ея диска къ неосвѣщенной постепенно ослабѣваетъ, и около самой границы, отдѣляющей обѣ эти части, дискъ планеты принимаетъ даже сферватую окраску, которая нерѣдко бываетъ замѣтна также и на неосвѣщенной части планеты на довольно

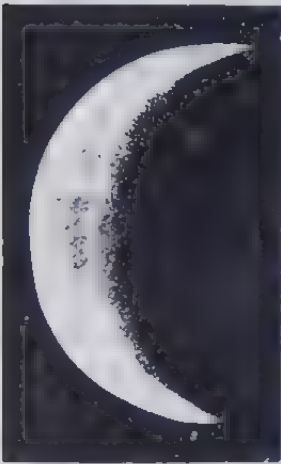


Рис. 117.

большомъ протяженіи. На границѣ, отдѣляющей освѣщенную часть планеты отъ неосвѣщенной, лежатъ такія точки, для которыхъ солнце или только-что зашло или же въ скоромъ времени поднимется изъ-подъ горизонта. Поэтому въ такихъ точкахъ планеты имѣютъ мѣсто или вечернія, или утреннія сумерки. Понятіе о явленіи сумерекъ на Венерѣ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 117, который представляетъ копию съ рисунка, сдѣланнаго Деннингомъ 26 марта 1881 года. По ширинѣ полосы, охватывающей на Венерѣ тѣ мѣста, для которыхъ имѣютъ мѣсто сумерки, Шретеръ сдѣлалъ заключеніе, что рефракція (часть I, § 106) въ горизонтѣ на Венерѣ приблизительно такая же, какую мы наблюдаемъ также и у насъ на землѣ. Точно также замѣчательное удлиненіе роговъ Венеры во время ея серповидныхъ фазъ можетъ быть объяснено только существованіемъ около этой планеты плотной атмосферы.

Другое доказательство существованія атмосферы у Венеры состоитъ въ томъ, что неподвижныя звѣзды, мимо которыхъ проходитъ эта планета, не исчезаютъ за ея краемъ сразу, какъ это замѣчается при покрытіяхъ звѣздъ луною, но яркость ихъ ослабѣваетъ постепенно, по мѣрѣ ихъ приближенія къ краю планеты или, иначе говоря, по мѣрѣ ихъ погруженія въ нижніе и потому болѣе плотные слои ея атмосферы. Далѣе, при прохожденіи Венеры передъ дискомъ солнца (§ 56) въ 1874 году атмосфера этой планеты была замѣчена многими наблюдателями и между прочимъ Ватсономъ, а во время прохожденія въ 1882 году существованіе атмосферы у Венеры было констатировано почти всеми наблюдателями (рис. 118)

Весьма цѣнными пополненіями нашихъ свѣдѣній относительно атмосферы Венеры мы обязаны Ландереру, который въ 1892 году доказалъ, что во время элонгацій планеты идущій отъ нея свѣтъ не поляризованъ, откуда можно заключить, что поверхность этой планеты вполне окутана толстымъ слоемъ облаковъ. Существованіемъ атмосферы объясняется то обстоятельство, что на поверхности Венеры лишь съ большимъ трудомъ можно



Венера въ 1897 году, по рисункамъ, сдѣланнымъ на обсерваторіи въ Жювизи.

замѣтить пятна и вообще какія бы то ни было подробности. Правда, со времени Кассини и Біанкини пятна на дискѣ Венеры наблюдались неоднократно, но по большей части ихъ очертанія были настолько неопредѣленны и размыты, что отождествленіе ихъ съ пятнами, замѣченными позже, было совершенно невозможно. Только въ позднѣйшее время Трувелло, Герби, Ландереръ, Фламмаріонъ и др. замѣтили на дискѣ Венеры также свѣтлыя полярныя шапки, подобныя полярнымъ шапкамъ Марса (§ 59), но гораздо менѣе доступныя для наблюдений. Эти шапки, повидимому, представляютъ болѣе постоянныя образования, чѣмъ пятна вообще. Трувелло и Фламмаріонъ нѣсколько разъ имѣли случай наблюдать какія шапки одновременно на обоихъ полюсахъ, и по положенію этихъ шапокъ они заключили, что ось вращенія Венеры приблизительно перпендикулярна къ плоскости ея орбиты. \* Приложенная при этомъ таблица изображаетъ различныя подробности на поверхности Венеры по наблюдениямъ, произведеннымъ Фламмаріономъ, Антониди и Магье съ 11 іюня по 30 августа 1897 года на обсерватории въ Жювизи около Парижа.

По наблюдениямъ Шретера не только замѣчается постепенное уменьшеніе яркости при переходѣ отъ освѣщенной части диска Венеры къ неосвѣщенной, но и дрѣзъ это свѣтовая граница виѣсть, какъ и у нашей луны; весьма неправильный видъ: эта свѣтовая граница во многихъ мѣстахъ разорвана и зазубрена, что особенно замѣтно около роговъ. Изъ этихъ наблюдений, которыя впоследствии были подтверждены Беромъ и Медлеромъ, Шретеръ вывелъ заключеніе, что поверхность Венеры вообще весьма гориста, и что нѣкоторыя горы достигаютъ высоты 40 и даже 50 километровъ. Впрочемъ этотъ результатъ еще нельзя считать вполне установленнымъ, такъ какъ два превосходныхъ наблюдателя, Скяпарелли и Трувелло, которые въ послѣднее время занимались весьма подробнымъ изученіемъ поверхности этой планеты, несогласны между собою въ вопросѣ о существованіи горъ на Венерѣ; первый изъ нихъ оспариваетъ справедливость мнѣнія Шретера, а второй наоборотъ, защищаетъ его.

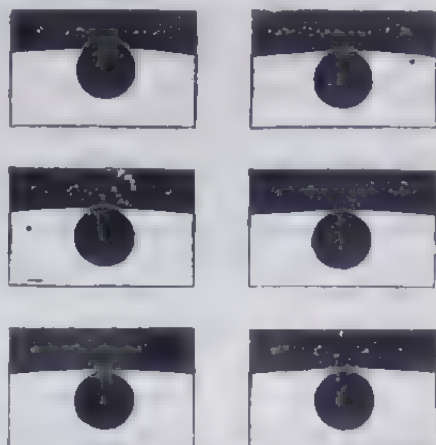


Рис. 118

Исследованіемъ спектра Венеры занимались Секки и Фогель; этотъ спектръ очень мало отличается отъ солнечнаго спектра. По наблюдениямъ Фогеля въ спектрѣ Венеры появляется нѣсколько тонкихъ полосъ, которыя сходны съ линиями нашей атмосферы и которыя слѣдуетъ приписать, вѣроятно, водянымъ парамъ. Гуггинсу удалось даже сфотографировать спектръ Венеры, и такимъ образомъ онъ прослѣдилъ его до линіи S, лежащей въ ультрафиолетовой части (§ 9).

§ 46. Вращеніе Венеры. Доминикъ Кассини, родоначальникъ астрономической фамиліи, давшей парижской обсерватории четырехъ директоровъ, послѣ удачнаго опредѣленія времени вращенія Марса и Юпитера, въ 1666 и 1667 годахъ сдѣлалъ попытку опредѣлить также время вращенія Венеры, но вѣдѣние большой неопредѣленности наблюдений надъ пятнами на поверхности этой планеты наткнулся на такія затрудненія, что не могъ прийти ни къ какому опредѣленному результату. Болѣе удачной оказалась попытка, сдѣланная 60 лѣтъ спустя астрономомъ Біанкини, въ распоряженіи котораго была превосходная для его времени зрительная труба изъ многочисленныхъ наблюдений онъ вывелъ заключеніе, что продолжительность вращенія Венеры около оси составляетъ 24 часа. Еще болѣе подробныя изслѣдованія были предприняты въ концѣ XVIII-го столѣтія Шретеромъ, который на основаніи своихъ 20-лѣтнихъ наблюдений надъ періодическими измѣненіями роговъ Венеры продолжительность вращенія этой планеты около оси нашей равною  $23^{\circ} 21''$

Послѣ этого астрономы раздѣлились на двѣ партіи, изъ которыхъ одна для времени вращенія Венеры приняла результатъ, найденный Біанкини, а другая — результатъ, полученный Шретеромъ, хотя ни въ пользу того, ни въ пользу другого результата не было никакихъ рѣшительныхъ доказательствъ. Это обстоятельство побудило Ольберса и Шумахера обратиться къ астрономамъ римскаго колледжа съ просьбою снова заняться рѣшеніемъ той же задачи подъ чистымъ итальянскимъ небомъ съ помощью ихъ прекрасныхъ флуидоферовыхъ грубъ. Согласно съ этой просьбой Де-Вико, вмѣстѣ съ вѣкоторыми другими астрономами, произвелъ съ 1839 по 1842 годъ болѣе 10000 наблюденій съ цѣлью опредѣленія вращенія Венеры, и, на основаніи этихъ наблюденій, продолжительность вращенія окончательно получилась равной  $23^{\circ}21'21,93''$ . Этотъ результатъ считался настолько точнымъ и вѣрнымъ, что въ теченіе цѣлаго полустолѣтія никому не приходило въ голову проверить его, пока, наконецъ, Скиапарелли въ 1890 году не подвергъ критическому пересмотру всѣ прежнія опредѣленія времени вращенія Венеры, причемъ онъ доказалъ, что эти опредѣленія были лишены всякаго сколько-нибудь надежнаго основанія.

Де-Вико не могъ вывести периода вращенія Венеры изъ однихъ только наблюденій 1839—1842 годовъ; поэтому онъ, положивъ въ основу своихъ изслѣдованій результатъ, найденный Шретеромъ, принялъ, что въ промежутокъ времени между двумя наблюденіями Біанкини, изъ которыхъ одно было сдѣлано 9 февраля 1726 года, а другое 7 июля 1727 г., Венера совершила вокругъ своей оси  $527\frac{1}{4}$  оборотовъ. Отсюда точная величина продолжительности вращенія Венеры получается равной  $23^{\circ}21'21,93''$ . По счастливой случайности этотъ періодъ представилъ удовлетворительнымъ образомъ не только старыя наблюденія, но также и наблюденія, произведенныя въ 1839—1842 годахъ, вслѣдствіе чего результату, найденному Де-Вико, и была приписана весьма большая точность. На самомъ же дѣлѣ этотъ результатъ вовсе не былъ выведенъ изъ наблюденій, произведенныхъ въ Римѣ, но былъ полученъ при совершенно произвольномъ предположеніи, что между двумя наблюденіями Біанкини, отдѣленными полуторогодовымъ промежуткомъ времени, Венера совершила  $527\frac{1}{4}$  оборотовъ около оси, причемъ за приближенное значеніе періода вращенія Венеры былъ принятъ результатъ, найденный Шретеромъ. Такимъ образомъ, результатъ, найденный Де-Вико, очевидно, не заслуживаетъ довѣрія.

Доказавъ, что прежнія попытки опредѣленія времени вращенія Венеры около оси не привели ни къ какому положительному результату, Скиапарелли занялся обработкой большого числа наблюденій, произведенныхъ имъ самимъ съ тою же цѣлью, и какъ на основаніи этихъ наблюденій, такъ и на основаніи сравненія ихъ съ наблюденіями другихъ астрономовъ, онъ заключилъ, что вращеніе Венеры происходитъ весьма медленно, и что Венера, подобно Меркурію, по всей вѣроятности совершаетъ полный оборотъ около оси въ то же самое время, въ которое она описываетъ полный кругъ около солнца. Такимъ образомъ по изслѣдованіямъ Скиапарелли продолжительность вращенія Венеры около оси составляетъ 224,7 дней.

Выводы Скиапарелли относительно равенства временъ вращенія около оси и обращенія около солнца для Меркурія (§ 38) были приняты всѣми астрономами безъ всякихъ возраженій. Совершенно иначе отнеслись ученые къ изслѣдованіямъ Скиапарелли относительно вращенія Венеры. Нѣкоторые астрономы, къ числу которыхъ принадлежатъ Перротанъ и Терби, были согласны въ этомъ вопросѣ съ миланскимъ астрономомъ, но большая часть ученыхъ и на первомъ планѣ Трувело, Нистенъ и Лошардтъ считали, что результатъ, найденный Скиапарелли, не подтверждается ихъ собственными наблюденіями, и были того мнѣнія, что періодъ вращенія Венеры около оси равенъ приблизительно 24 часамъ и, слѣдовательно, близко подходитъ къ періоду, опредѣленному Шретеромъ. Точно также Вислиценусъ въ весьма обстоятельномъ и подробномъ критическомъ разборѣ всѣхъ работъ, касающихся этого вопроса, высказывается за 24-часовой періодъ вращенія Венеры.

\* Такимъ образомъ вопросъ о вращеніи Венеры до самаго послѣдняго времени оставался спорнымъ. Это обстоятельство побудило А. А. Бѣлопольскаго воспользоваться благоприятнымъ положеніемъ Венеры весною 1900 года, чтобы попытаться обнаружить влияние вращенія на положеніе линий въ спектрѣ этой планеты на основаніи принципа Доплера-Физо (§ 19). Если предположить, что время вращенія Венеры равно приблизительно 24 часамъ, то экваторіальная линейная скорость не должна превышать 0,5 километра въ секунду. Хотя новѣйшіе звѣздные спектрографы (часть IV) не въ состояніи обнаружить такой малой величины, однако, благодаря тому, что свѣтъ Венеры есть отраженный солнечный свѣтъ, по законамъ физики смѣщеніе линий въ спектрѣ этой планеты усиливается и притомъ не въ одинаковой степени при различныхъ относительныхъ положеніяхъ земли, Венеры и солнца. Въ наиблагоприятнѣйшихъ условіяхъ величина смѣщенія въ спектрѣ любого изъ краевъ планеты удваивается. Слѣдовательно, если изъ одной и той же планеткѣ снять спектры восточнаго и западнаго краевъ Венеры, то вслѣдствіе того, что въ одномъ изъ этихъ спектровъ линии смѣщаются къ фіолетовому краю, а въ другомъ къ красному, отъносительное смѣщеніе линий въ этихъ спектрахъ должно быть въ четыре раза больше противъ нормальнаго.

Положеніе Венеры весною 1900 года было настолько выгодно, что относительное смѣщеніе линий въ спектрахъ восточнаго и западнаго краевъ планеты должно было равняться почти наибольшей своей величинѣ. Благодаря различнымъ мѣрамъ предосторожности и особенно благодаря высокой наблюдательной оытности А. А. Бѣлопольскаго, ему удалось измѣрить эти, все еще очень малыя смѣщенія линий въ спектрѣ Венеры. На основаніи своихъ измѣреній А. А. Бѣлопольскій пришелъ къ заключенію, что, хотя при современномъ состояніи спектральныхъ приборовъ время вращенія Венеры, около оси не можетъ быть опредѣлено съ точностью до одного часа, но гѣмъ не менѣе вполне обнаруживается краткость періода вращенія и направленіе въ ту же сторону, какъ у земли. Попытка А. А. Бѣлопольскаго опредѣлить время вращенія Венеры около оси спектральнымъ путемъ есть первая въ своемъ родѣ. \*

§ 47. Слѣдствія вращенія Венеры около оси. Допуская, что Венера вращается около оси приблизительно въ 24 часа, мы должны заключить, что сутки на Венерѣ лишь весьма незначительно отличаются отъ нашихъ земныхъ сутокъ. О временахъ же года на Венерѣ едва ли мы имѣемъ право говорить, такъ какъ плоскость, въ которой происходитъ вращеніе этой планеты, во всякомъ случаѣ почти совпадаетъ съ плоскостью ея орбиты. Не вдаваясь въ подробности относительно этого вопроса, мы ограничимся лишь указаніемъ на то, что совпаденіе только-что упомянутыхъ двухъ плоскостей влечетъ за собою такія же явленія, какія наблюдались бы на нашей землѣ въ случаѣ совпаденія плоскостей экватора и эклиптики (часть I, § 32).

§ 48. Спутникъ Венеры. Въ прежнія времена часто возбуждался вопросъ о существованіи у Венеры спутника. Такъ, Фонтана неоднократно наблюдалъ этого мнимаго спутника въ 1645 году; Доминикъ Кассини утверждалъ, что онъ наблюдалъ спутника Венеры въ 1672 году и затѣмъ опять—въ 1686 г. Шортъ въ Англіи въ 1740 году также видѣлъ мнимаго спутника Венеры. Также у Монгэна, Горребова и другихъ мы находимъ упоминанія о наблюденіяхъ этого спутника. Во второй половинѣ XVIII-го столѣтія убѣжденіе въ существованіи спутника Венеры было настолько сильно, что для него даже было предложено собственное имя\*), а Ламбертъ занялся опредѣленіемъ элементовъ его орбиты.

\*) Король Фридрихъ II предлагалъ назвать спутника Венеры въ честь своего ученаго друга Даламбера. Однако, этотъ послѣдній отклонилъ отъ себя изъясненіе такого благоволенія, говоря: *Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Vénus, ni assez jeune, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament.* Надо замѣтить, что всегда было велико стремленіе давать небес-

На основании вычисленных имъ элементовъ можно было заключить, что широта спутника во время прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ въ 1761 и 1769 годахъ была настолько значительна, что онъ не могъ быть видимъ на солнечномъ дискѣ; но во время предстоившаго 1 июня 1777 г. соединенія Венеры съ солнцемъ этотъ спутникъ по вычислениямъ Ламберта долженъ былъ проектироваться на солнечный дискъ. Однако, астрономы ни во время этого соединенія, ни позже его не видали; точно также и во время прохожденія Венеры въ 1874 и 1882 году никто не видалъ предполагаемаго спутника этой планеты. Поэтому нѣтъ никакого сомнѣнія, что у Венеры не существуетъ спутника, по крайней мѣрѣ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ. Нѣкоторые прежнїя наблюденія мнимаго спутника Венеры объясняются исключительно оптическимъ обманомъ, состоящимъ въ томъ, что шлими свѣтиламъ именъ великихъ людей. Такъ, Галлеи называлъ открытаго имъ спутника Юпитера Медичеюскою звѣздой въ честь фамилии Медичей, правившей въ то время во Флоренции. Августинскій монахъ Шиллеръ переименовалъ всѣ созвѣздія на небѣ, и принятыя въ теченіе тысячелѣтїи названія ихъ замѣнилъ календарными именами святыхъ, какъ это можно видѣть изъ его книги «Caelum Christianum, 1627». Но наибольшаго интереса въ этомъ отношеніи заслуживаетъ исторїя названій различныхъ образований на лунѣ. Знаменитый данцигскій астрономъ Гевелій, съ таиничной въ 1647 году первую хорошую карту луны, различными пятнамъ и блестящими точкамъ на и верхн. сти этого свѣтила далъ названія напичь горы, материковъ и морей. Въ слѣдствіи одинъ испанскій астрономъ нашелъ эти названія совершенно неподходящими и замѣнилъ ихъ именами святыхъ. Такимъ образомъ Апеннины были замѣнены св. Михаиломъ съ его священнымъ мечомъ, Тихее море съ его многочисленными островами — св. Урсудой съ ея дубово дѣнъ. Эниа — св. Томемъ и т. п. Однако, вскорѣ послѣ этого Риччиоли снова нашелъ эти имена святыхъ неподходящими для такой цѣли и замѣнилъ ихъ именами знаменитыхъ астрономовъ и другихъ ученыхъ, причѣмъ для себя онъ сохранилъ мѣсто, конечно, изъ скромности, на краю луннаго диска. Такимъ образомъ св. Аванасїй долженъ былъ уступить свое мѣсто древнему Платону, св. Маргарита — Птоломею, св. Антонъ отшельникъ — Плинію Младшему, св. Исаеянова — Галилею и т. д., и только св. Екатерина осталась нетронутой на своемъ мѣстѣ, что объясняется особенною привязанностью Риччиоли къ женщинамъ, носившей это имя. Системѣ названій, предложенной этимъ астрономомъ, въ великомъ случаѣ болѣе повсчастливилось, и мы теперь видимъ на лунѣ или, по крайней мѣрѣ, на нашихъ лунныхъ картахъ, много морей и озеръ, сохранившихъ свои названія еще со времени Гевелія, но въ то же время въ одномъ мѣстѣ самъ Гевелій жарно помѣщается рядомъ съ Грималди, въ другомъ — король Альфонсъ Кастильскій рядомъ съ Птоломеемъ и, наконецъ, въ третьемъ Аретиницъ изъ Цирены рядомъ съ Кассини изъ Париза, да и самъ Риччиоли до сихъ поръ красуется въ своей прежней славѣ на краю луннаго диска. Впрочемъ такой обычай сохранять на вѣчныя времена имена знаменитыхъ людей былъ разпространенъ еще у римлянъ. Извѣстно, что они весьма часто посвящали храмы, статуи и триумфальныя арки своимъ императорамъ, заслуживати ли они этого или нѣтъ; но послѣ того какъ такого рода чествованія потеряли предѣсть новизны, они стали изыскивать другіе способы оказанія почестей своимъ императорамъ. Римскіе сенаторы не были ни кругосвітными мореплавателями, что бы въ честь императоровъ называть вновь открываемыя страны, ни астрономами, чтобы ихъ имена давать новымъ небеснымъ созвѣздіямъ, точно также нельзя было называть ихъ именами морей и материковъ на лунѣ, такъ какъ римляне совершенно не были знакомы съ подробностями на поверхности этого свѣтила. Поэтому римскіе сенаторы пришло въ голову измѣнить названія мѣсяцевъ въ ихъ календарѣ, для чего не требовалось ни предсудннхъ инструментовъ, ни особенныхъ знаній, а было совершенно достаточно извѣстнаго минаса дати. Такъ по постановленію сената, мѣяцы июль и августъ, прежде называвшіеся Quintilis и Sextilis, получили свои употреблюющіеся и теперь названія въ честь первыхъ двухъ римскихъ императоровъ. Но такъ какъ мѣсяцъ Quintilis равнялся 31 дню, а Sextilis—30 днями, то хитрые римскіе паредворны засащали, чтобы Августъ не обидѣлся, если его мѣсяцъ будетъ на одинъ день короче мѣсяца Юля, который раньше былъ посвященъ Юлію Цезарю; поему въ слѣдующемъ засѣданіи сената было рѣшено отнять одинъ день у февраля, который раньше равнялся 29 днями, и прибавить этотъ день къ августу. Подобнымъ же образомъ впоследствии мѣсяцъ апрѣль получилъ названіе въ честь порочнаго Нерона, а мѣсяцъ май — въ честь еще болѣе порочнаго Клавдія Доміціанъ не дожидаясь распоряженія сената, находившагося у него въ полномъ рабствѣ, но самъ подъ страхомъ смертной казни приказавъ мѣсяцъ октябрь впродѣ на вѣчныя времена называть Domitianus.



фованныя стекла астрономическихъ трубъ въ случаѣ такого яркаго небеснаго предмета, какъ Венера, могутъ давать иногда второе весьма ясное, но болѣе слабое ложное изображеніе планеты, которое легко можно принять за спутника этой послѣдней. Такое явленіе при наблюденіи Венеры было замѣчено однажды, между прочимъ, Варгентинномъ; но когда онъ, чтобы отдѣлаться отъ этого обмана, сталъ вращать трубу около ея оптической оси, то вмѣстѣ съ тѣмъ и мнимый спутникъ сталъ вращаться около планеты, находящейся въ центрѣ поля зрѣнія трубы, совершенно подобно тому, какъ при такихъ же условіяхъ должно было бы вращаться пятно, находящееся на стеклѣ трубы. Что касается наблюденій Фонтаны, то они, безъ всякаго сомнѣнія, объясняются именно такимъ образомъ. Онъ наблюдалъ мнимаго спутника Венеры въ различныхъ положеніяхъ относительно планеты, наверху, внизу и т. д., но при этомъ около Венеры онъ всегда замѣчалъ большое число лучей. Совершенно подобныя же явленія онъ наблюдалъ и относительно Марса и Сатурна. При этомъ у мнимаго спутника Марса были замѣтны совершенно такія же фазы, какъ и у самой планеты! Точно также нѣкоторые другіе наблюдатели упоминаютъ о слѣдствіи фазъ Венеры и ея мнимаго спутника, и одно это обстоятельство уже является подозрительнымъ, такъ какъ съ одной стороны ложное изображеніе планеты, дѣйствительно, должно имѣть такія фазы, а съ другой стороны, у завѣдомо маленькаго спутника Венеры было бы весьма трудно различить фазы съ помощью небольшихъ трубъ, о которыхъ въ этомъ случаѣ только и можетъ быть рѣчь. Относительно же нѣкоторыхъ другихъ наблюденій мнимаго спутника Венеры Стробантъ въ 1887 году доказалъ, что это были яркія звѣзды, находящіяся вблизи Венеры. Къ такого рода наблюденіямъ относится, напримѣръ, наблюденіе Горребова, сдѣланное имъ въ 1768 году: этотъ наблюдатель за спутника Венеры принялъ звѣзду пятой величины  $\theta$  Libras.

§ 49. **Важное значеніе наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ.** Въ третьей главѣ мы уже говорили о прохожденіяхъ Меркурия передъ солнечнымъ дискомъ. Совершенно подобныя же явленія представляетъ намъ и Венера, такъ какъ ея орбита, какъ орбита нижней планеты, заключается внутри земной орбиты, и потому эта планета иногда, находясь между землею и солнцемъ, должна проектироваться на дискъ этого послѣдняго. Прохожденія Венеры играютъ весьма важное значеніе въ новѣйшей астрономіи, и мы нѣсколько подробнѣе остановимся на нихъ. Они даютъ прекрасное средство опредѣлять разстояніе отъ земли до солнца, или, что то же самое, длину большой полуоси земной орбиты. Эта полуось служить мѣрой, при помощи которой астрономы измѣряютъ не только различныя разстоянія въ нашей планетной системѣ, но и, вообще, все разстоянія въ міровомъ пространствѣ. Поэтому точное знаніе ея длины представляется крайне необходимымъ. Выборъ этой мѣры не зависитъ отъ нашего произвола, въ противоположность единицамъ различныхъ другихъ мѣръ, но она, такъ сказать, указана намъ самой природой. По третьему закону Кеплера (часть I, § 77) квадраты времени обращенія планетъ около солнца относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей ихъ орбитъ. Времена же обращенія, какъ было сказано выше (часть I, § 87), могутъ быть опредѣлены съ большою точностью. Слѣдовательно, съ такою же точностью мы опредѣлимъ также и большія полуоси планетныхъ орбитъ, иначе говоря, среднія разстоянія отъ планетъ до солнца, если только будемъ знать одно изъ этихъ разстояній, напр., среднее разстояніе отъ земли до солнца. Съ другой стороны, пока намъ неизвѣстны разстоянія отъ планетъ до солнца, до тѣхъ поръ мы ничего не можемъ знать также и о размѣрахъ какъ планетъ, такъ и самого солнца. Въ самомъ дѣлѣ наблюденія даютъ намъ только видимыя размѣры небесныхъ тѣлъ; иначе говоря, изъ наблюденій опредѣляется только тотъ уголъ, подъ которымъ усматривается съ земли истинный діаметръ небесныхъ тѣлъ, а этотъ послѣдній можетъ быть вычисленъ только тогда, когда будутъ извѣстны разстоянія планетъ отъ земли (часть I, § 43).

§ 50. Условія, при которыхъ возможны прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ. Если бы Венера совершала свое движеніе въ плоскости эклиптики, то въ теченіе каждаго синодическаго оборота ея (часть I, § 86), т.-е. каждыя 584 дня, имѣло бы мѣсто одно прохожденіе планеты передъ солнечнымъ дискомъ, такъ какъ въ теченіе этого времени Венера одинъ разъ непременно занимаетъ положеніе между землей и солнцемъ. Однако, такъ какъ наклонность орбиты Венеры превышаетъ  $3^\circ$ , а видимый діаметръ солнца составляетъ только  $0,5''$ , то часто случается, что эта планета во время своего нижняго соединенія, когда она занимаетъ положеніе между землей и солнцемъ, проходитъ или слишкомъ высоко надъ этимъ послѣднимъ, или слишкомъ низко подъ нимъ и потому не можетъ проектироваться на солнечный дискъ. Прохожденіе Венеры возможно только тогда, когда геоцентрическая широта ея (часть I, § 81) не превосходитъ суммы видимыхъ радіусовъ солнца и планеты, т.-е. когда эта широта не больше  $16' 35''$ , такъ какъ видимый радіусъ солнца въ среднемъ составляетъ  $16' 2''$ , а радіусъ Венеры во время нижняго соединенія равняется  $33'$ . Поэтому для возможности прохожденія Венера должна находиться въ это время вблизи отъ одного изъ своихъ узловъ (часть I, § 80), и при помощи небольшого вычисленія можно показать, что разстояніе планеты отъ узла по долготѣ не должно превышать  $1^\circ 50'$ . Такъ какъ это случается въ общемъ одинъ разъ въ теченіе 100 лѣтъ, и какъ какъ, съ другой стороны, въ 8 земныхъ годахъ заключается почти 13 оборотовъ Венеры около солнца, т.-е. черезъ каждыя 8 лѣтъ гелиоцентрическая долгота планеты во время соединенія этой послѣдней принимаетъ приблизительно прежнее значеніе, то по истеченіи вѣкотораго большаго промежутка времени мы обыкновенно имѣемъ возможность наблюдать два прохожденія Венеры, отдаленныя одно отъ другого 8-лѣтнимъ промежуткомъ. Чтобы возможно было прохожденіе Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ, разстояніе этой планеты отъ узла не должно превышать  $3^\circ 28'$ , и такъ какъ это разстояніе гораздо больше соответственнаго разстоянія для Венеры, то вполне понятно, что прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ случаются гораздо чаще, чѣмъ прохожденія Венеры \*).

Съ начала XVII столѣтія прохожденія Венеры бывають постоянно или въ первой половинѣ іюня, или въ первой половинѣ декабря, и это будетъ такъ продолжаться до 3000 года нашего лѣтосчисленія. При этомъ два слѣдующихъ одно за другимъ прохожденія случаются въ іюнь, а послѣ этого новыя два въ декабрь и т. д. Если начать съ такого прохожденія, которое является первымъ изъ іюньскихъ, напр., съ прохожденія, наблюдавшагося въ 1761 году, то новыя прохожденія будутъ слѣдовать одно за другимъ по порядку черезъ 8,  $105\frac{1}{2}$ , 8,  $121\frac{1}{2}$  лѣтъ, затѣмъ опять черезъ 8,  $105\frac{1}{2}$  и т. д. На основаніи этихъ соображеній легко можно предсказывать будущія прохожденія, если одно какое-нибудь прохожденіе было предвычислено или наблюдалось. Такъ, имѣя въ виду, что послѣднее прохожденіе Венеры наблюдалось въ декабрь 1882 года, мы по предыдущему находимъ, что будущія прохожденія произойдутъ въ іюнь 2004 и 2012, въ декабрь 2117 и 2125, въ іюнь 2247 и 2255 и т. д. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены достаточно точныя данныя для 8 будущихъ прохожденій Венеры.

Годъ	Средн. парижск. время соедин.	Моментъ середины явленія.	Продолжительность прохожденія.	Наим. геоцентр. разст. центра Венеры отъ центра солнца.
2004	8 іюня 9,0 <sup>h</sup> утра	8,6 <sup>h</sup> утра	5 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	0° 11,3' къ югу
2012	6 » 1,5 <sup>h</sup> »	1,8 <sup>h</sup> »	6 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	0° 8,3' » сѣв.
2117	11 дек. 3,1 <sup>h</sup> »	2,7 <sup>h</sup> »	4 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	0° 13,0' » »
2125	8 » 3,3 <sup>h</sup> дня	3,9 <sup>h</sup> дня	5 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	0° 11,5' » югу

\* ) Еще рѣже бывають прохожденія одной планеты передъ другой. Такой случай имѣлъ мѣсто 3 октября 1590 года, когда Марсъ былъ вполне покрытъ Венерой.

Годъ.	Средн. парижск. время соедин.	Моментъ середины явлениа.	Продолжительность прохожденія.	Наим. геоцентр. разст. центра Венеры отъ центра солнца.
2247	11 юня 0,5 <sup>h</sup> дня	0,0 <sup>h</sup> дня	4 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	0° 13,3' къ югу
2255	9 > 4,9 <sup>h</sup> утра	5,1 <sup>h</sup> утра	7 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	0° 6,4' > сѣв.
2360	13 дек. 2,0 <sup>h</sup> >	1,6 <sup>h</sup> >	5 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	0° 11,8' > >
2368	10 > 2,2 <sup>h</sup> >	2,8 <sup>h</sup> дня	4 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	0° 12,6' > югу

§ 51. **Первыя наблюденія прохожденій Венеры.** Кеплеръ первый съ помощью своихъ новыхъ таблицъ движенія Венеры, которыя онъ въ честь императора Рудольфа II назвалъ Рудольфовыми, предсказалъ два прохожденія этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ и такимъ образомъ обратилъ вниманіе астрономовъ на эти важныя явленія. Эти два прохожденія по вычисленіямъ Кеплера, опубликованнымъ въ 1627 году, должны были произойти 6 декабря 1631 года и 5 юня 1761 года. И дѣйствительно, оба эти явленія были наблюдаемы и при томъ первое изъ нихъ сгусти короткое сравнительно время послѣ смерти Кеплера, умершаго 15 ноября 1630 г. по новому стилю. Но Кеплеръ при помощи своихъ таблицъ не могъ указать еще одного прохожденія, которое произошло 4 декабр. 1639 года. Это прохожденіе было предвычислено Хорроксомъ въ Англии, причемъ онъ пользовался таблицами движенія Венеры, составленными Ландебергомъ. Хотя эти таблицы по точности далеко уступали Рудольфовымъ, однако случайно при помощи нихъ оказалось возможнымъ предсказать прохожденіе 4 декабря 1639, котораго таблицы, составленныя Кеплеромъ, не давали. Хорроксъ, питавшій особенное довѣріе къ таблицамъ Ландеберга, приготовился къ наблюденіямъ предвычисленнаго имъ явленія, и дѣйствительно онъ видѣлъ Венеру на солнцѣ приблизительно въ теченіе полчаса. Это прохожденіе наблюдалъ также другъ Хоррокса Крабтри, который жилъ всего въ нѣсколькихъ километрахъ отъ мѣстопробыванія Хоррокса и потому былъ предувѣдомленъ этимъ послѣднимъ о предстоящемъ явленіи. Однако, эти наблюденія не имѣли никакого значенія для науки, такъ какъ для того, чтобы изъ такого рода наблюденій можно было вывести какіе-нибудь результаты, наблюдатели, какъ мы скоро увидимъ, должны находиться въ мѣстахъ, лежащихъ весьма далеко другъ отъ друга. Кромѣ того въ тѣ времена еще не имѣли никакого представленія о важности этого явленія для опредѣленія разстоянія отъ земли до солнца, такъ какъ впервые обратилъ на это вниманіе Грегори въ своемъ сочиненіи «Optics», 1663. Однако огромную услугу наукѣ оказалъ собственно Галлей, который представилъ въ надлежащемъ свѣтѣ всю важность этого явленія для только-что на данной цѣли и настоятельно рекомендовалъ астрономамъ наблюдать эти прохожденія. Самъ Галлей напалъ на мысль о важности прохожденій Венеры въ 1677 году, когда онъ наблюдалъ прохожденіе Меркурія на 0-вѣ сѣ. Елены, прославившемся впоследствии по совершенно другимъ причинамъ. Поэтому астрономы задолго до слѣдующаго прохожденія Венеры, которое должно было произойти 5 юня 1761 г. и котораго все ожидали съ большимъ нетерпѣніемъ, начали самымъ усерднымъ образомъ готовиться къ наблюденію этого явленія, и многіе изъ нихъ отправились въ весьма отдаленныя страны, чтобы вѣрнѣе достигъ своей цѣли. Исторія этихъ приготовленій изложена въ мемуарахъ Парижской Академіи Наукъ за 1757, 1761 и 1781 годы. Прекраснѣйшія наблюденія этого прохожденія были сдѣланы Мазономъ на мысѣ Доброй Надежды, Бергманомъ въ Увсалъ, Планманомъ въ Каянебургъ въ Финляндіи и Шаппъ д'Отерошемъ въ Тобольскѣ. Образовка этихъ наблюденій показала, что горизонтальный параллаксъ солнца (часть I, § 40), соответствующій среднему разстоянію этого сѣтила отъ земли, заключается между 8" и 9". Какъ вывести отсюда самое разстояніе, что собственно и составляетъ главную цѣль этихъ наблюденій, объ этомъ уже было сказано раньше (часть I, § 40). Такимъ образомъ мы находимъ, что среднее разстояніе центра солнца отъ центра земли составляетъ или

25 783, или 22 918 земных радиусовъ, смотря по тому, примемъ ли мы для параллакса солнца 8" или 9". Разность обохъ результатовъ равна 2865 земнымъ радиусамъ или 18 миллионамъ километровъ, т.-е. составляетъ приблизительно одну девятую часть всего разстоянія, такъ что при помощи указанныхъ наблюденій истинное разстояніе отъ земли до солнца не было опредѣлено даже съ точностью до одной десятой части его.

§ 52. **Прежнія попытки опредѣленія солнечнаго параллакса.** Хотя точность вышеприведеннаго опредѣленія разстоянія отъ земли до солнца и невелика, тѣмъ не менѣе она весьма значительно превосходитъ точность прежнихъ опредѣленій. До Гиппарха не имѣли никакого сколько-нибудь близкаго къ истинѣ представленія о разстояніи отъ земли до солнца. Пифагоръ принималъ, что это разстояніе въ 3 раза больше разстоянія отъ земли до луны, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности первое болѣе чѣмъ въ 400 разъ превосходитъ второе.

Аристархъ Самосскій въ 260 году до Р. Хр. впервые сдѣлалъ попытку опредѣлить разстояніе отъ земли до солнца изъ наблюденій, на основаніи соображеній, подобныхъ тѣмъ, которыя были развиты въ § 88 первой части; при этомъ онъ нашелъ для солнечнаго параллакса величину, равную 3', что въ 20 разъ болѣе истинной величины. Какъ ни велика ошибка этого опредѣленія, тѣмъ не менѣе до начала XVIII столѣтія не могли получить болѣе точной величины солнечнаго параллакса. Посидоній, жившій два столѣтія спустя послѣ Р. Хр., принималъ, что разстояніе отъ земли до солнца равно 13150 земнымъ радиусамъ. Но этотъ результатъ, который приблизительно въ два раза меньше истинной величины, не былъ выведенъ изъ наблюденій, а былъ полученъ на основаніи соображеній, подобныхъ соображеніямъ древняго Плипія, считавшаго, что солнце отстоитъ отъ земли въ 12 разъ дальше, чѣмъ луна, такъ какъ первое совершаетъ полный оборотъ около земли въ 12 мѣсяцевъ, а вторая только въ одинъ мѣсяць. Риччиоли, умершій въ 1671 году, изъ большого числа наблюденій, произведенныхъ имъ самимъ по способу Аристарха, нашелъ, что солнечный параллаксъ заключается въ предѣлахъ отъ 28" до 30". Птоломей, напротивъ того, слѣдуя способу, предложенному Гиппархомъ, воспользовался для этой цѣли наблюденіями солнечныхъ затмѣній, но этотъ способъ, правда, весьма остроумный, не допускаетъ большой точности, такъ какъ разность разстояній отъ земли до солнца съ одной стороны и отъ земли до луны съ другой слишкомъ велика, вслѣдствіе чего Птоломей получилъ для солнечнаго параллакса весьма ошибочный результатъ, а именно 2 50". Даже великій наблюдатель Тихо-Браге, умершій въ 1601 году, имѣлъ весьма неправильное представленіе о разстояніи, отдѣляющемъ солнце отъ земли. Онъ полагалъ, что это разстояніе равно 1142 земнымъ радиусамъ, и изъ наблюденій лунныхъ затмѣній вывелъ заключеніе, что солнечный параллаксъ не можетъ быть меньше 3'. Напротивъ того, Кеплеръ, со свойственнымъ ему остроуміемъ, замѣтилъ, что параллаксъ Марса во время оппозиціи этой планеты, какъ это слѣдуетъ изъ наблюденій Тихо-Браге, для современныхъ ему наблюдательныхъ средствъ былъ совершенно незамѣтенъ, и что, слѣдовательно, то же самое должно быть еще въ большей степени справедливо и относительно солнечнаго параллакса. Съ помощью инструментовъ того времени было весьма трудно измѣрить какой-нибудь уголъ съ точностью до одной или даже до двухъ минутъ. Поэтому Кеплеръ считалъ солнечный параллаксъ равнымъ 1', что все еще въ 7 разъ болѣе истинной величины.

Доминикъ Кассини первый далъ для солнечнаго параллакса величину, близкую къ истинѣ. Но его предложенію Ришэ былъ посланъ Парижской Академіей на островъ Капенну для измѣренія меридиональныхъ высотъ Марса (часть I, § 41), между тѣмъ какъ въ Парижѣ высоты этой планеты наблюдались Пикаромъ и Ремеромъ. Изъ этихъ наблюденій Кассини заключилъ, что параллаксъ Марса равенъ 25 $\frac{1}{2}$ "', и, на основаніи третьяго закона Кеплера (часть I, § 77), для параллакса солнца получилъ 9 $\frac{1}{2}$ "', откуда слѣ-

дугъ, что разстояніе отъ земли до солнца равняется 21712 земнымъ радіусамъ. Эти наблюденія были произведены въ сентябрѣ 1672 года. Въ слѣдующіе годы Кассини продолжалъ свои изслѣдованія относительно солнечнаго параллакса по другому способу: онъ опредѣлялъ разности прямыхъ восхожденій Марса и сосѣднихъ звѣздъ за 6 часовъ до и черезъ 6 часовъ послѣ кульминаціи этой планеты. Этимъ путемъ Кассини получилъ результатъ, вообще подтверждавшій найденную имъ раньше величину солнечнаго параллакса. Но для такого рода опредѣленій еще болѣе пригодна, повидимому, Венера, такъ какъ она въ своемъ нижнемъ соединеніи подходитъ къ землѣ значительно ближе, чѣмъ Марсъ. Однако, измѣреніе меридіональныхъ высотъ Венеры или опредѣленіе ея положенія относительно сосѣднихъ звѣздъ во время ея нижняго соединенія съ солнцемъ весьма затруднительно вѣдѣствіе того, что въ этомъ случаѣ Венера представляется въ видѣ узкаго серпа, и потому вышеупомянутыя наблюденія не могутъ дать большой точности.

Маральди, Біанкини и Лакайль долгое время занимались этимъ вопросомъ и съ болѣею вѣроятностію вывели заключеніе, что параллаксъ солнца составляетъ приблизительно  $9''$ . Но во всякомъ случаѣ было весьма жадательно найти другой, болѣе точный способъ опредѣленія истинной величины этого важнаго элемента нашей солнечной системы.

§ 53. Прохожденіе Венеры 1769 года. Прохожденіе Венеры 1761 года, повидимому, давало въ руки астрономовъ прекрасное средство достичь этой цѣли. Однако, въ скоромъ времени замѣтили, что во время этого прохожденія имѣли мѣсто многія неблагоприятныя обстоятельства, и потому пришлось удовольствоваться лишь тѣмъ, что благодаря этимъ наблюденіямъ была подтверждена величина солнечнаго параллакса, найденная Кассини, хотя сначала астрономы надѣялись опредѣлить параллаксъ съ гораздо болѣею точностію.

При такихъ обстоятельствахъ съ вѣтернѣемъ ожидали слѣдующаго прохожденія Венеры, которое должно было произойти 3-го іюня 1769 года и которое, какъ показали вычисленія, представлялось гораздо болѣе благоприятнымъ для опредѣленія солнечнаго параллакса при условіи, что наблюденія для этой цѣли будутъ произведены въ надлежащихъ образомъ выбранныхъ мѣстахъ земной поверхности. Наиболее пригодными для этого были южный Ледовитый океанъ, Калифорнія и сѣверныя части Европы и Азіи.

Монархи всѣхъ образованныхъ европейскихъ странъ съ безпримѣримъ до глѣхъ порывеніемъ старались оказывать астрономамъ поддержку въ достиженіи этой весьма важной для науки цѣли. Французское правительство, среди котораго съ особеннымъ интересомъ относился къ этому вопросу министръ Шуазель, отправило астрономовъ въ Калифорнію, С. Доминго и Огъ-Индію. Королевская Академія Наукъ въ Лондонѣ по приказанію и на средства короля послала двухъ своихъ членовъ въ Сѣверную Америку, одного въ Мадрасъ и одного на острова Атланти; послѣдній изъ нихъ, академикъ Гринъ, совершилъ свое путешествіе на кораблѣ, командиромъ котораго былъ знаменитый капитанъ Кукъ. Русская императрица Екатерина вызвала черезъ петербургскую академию астрономовъ изъ Германіи и Швейцаріи и приобрѣла для этой цѣли въ Парижѣ и Лондонѣ различные инструменты; снабженные этими инструментами астрономы организовали восемь наблюдательныхъ станцій: одну въ Петербургѣ и семь въ сѣверной Сибири. Датскій король выисалъ для этой цѣли изъ Вены астронома Хелъя, который на средства короля отправился въ Вардо въ сѣверной Ланландіи и т. д. Кромѣ того, это прохожденіе наблюдалось, конечно, на всѣхъ европейскихъ обсерваторіяхъ.

Едва только сдѣлались извѣстными результаты наблюденій, какъ ужъ за обработку ихъ принялось весьма большое число лицъ. Горнеби въ Англій изъ наблюденій, которыя находились въ его распоряженіи, нашелъ, что горизонтальный параллаксъ солнца на среднемъ разстояніи этого послѣдняго отъ земли равенъ  $8,8''$ . Къ совершенно такому же результату пришелъ Пингре. Ниже приведены различныя величины солнечнаго параллакса, полученные различными вычислителями.

Вычислитель.	Солнечный параллаксъ.	Вычислитель.	Солнечный параллаксъ.
Планналь . . . .	8,4"	Лексель . . . . .	8,68"
Лаландъ . . . . .	8,5	Хель . . . . .	8,70

Энке со всевозможною тщательностью обработалъ всѣ признанныя хорошими наблюденіи прохожденій Венеры въ 1761 и 1769 году, причемъ для наблюденія Хели онъ принялъ поправку, указанную К. Литровымъ. Въ результатъ солнечный параллаксъ для средняго разстоянія отъ солнца до земли и для наблюдателя, находящагося на экваторѣ, получился равнымъ 8,57".

Это значеніе солнечнаго параллакса до середины XIX столѣтія считалось необыкновенно точнымъ: неточность этой величины не превосходила, какъ полагали,  $\frac{1}{200}$  части ея, т.-е. 0,04". Поэтому и разстояніе отъ земли до солнца, повидимому, можно было разсматривать какъ одну изъ хорошо опредѣленныхъ постоянныхъ величинъ. Прежде чѣмъ переходить къ повѣрившимъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, мы въ слѣдующемъ параграфѣ изложимъ способъ, при помощи котораго изъ наблюденій прохожденій Венеры опредѣляется солнечный параллаксъ, а теперь въ концѣ этого параграфа считаемъ долгомъ замѣтить, что на основаніи величины солнечнаго параллакса, найденной Энке, разстояніе отъ земли до солнца получается равнымъ 153 $\frac{1}{2}$  милліонамъ километровъ съ возможною ошибкою только въ 700 000 километровъ.

§ 54. Способъ опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ. Положимъ, что  $AB$  на рис. 119 представляетъ землю,  $V$  — Венеру и  $S$  — солнце.

Если мы допустимъ, что земля не перемѣщается по своей орбитѣ, но зато заставляемъ мысленно Венеру совершать движеніе около солнца со скоростью, равной разности скоростей этихъ двухъ планетъ, то такое допущеніе, очевидно, не оклеветаетъ никакого образомъ на явленіе прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ. Пусть же поэтому  $aVb$  представляетъ тотъ путь, который Венера проходитъ въ такомъ относительномъ движеніи въ промежутокъ времени, равный продолжительности всего явленія. Для большаго простоты выберемъ на поверхности земли положенія  $A$  и  $B$  двухъ наблюдателей такъ, чтобы они находились на противоположныхъ концахъ одного и того же діаметра  $AB$ , перпендикулярнаго къ плоскости эклиптики, и, оставляя предварительно безъ разсматриванія также и собственное вращеніе земли, такимъ образомъ примемъ, что оба наблюдателя не мѣняютъ своего положенія относительно солнца. Въ такомъ случаѣ въ нѣкоторый опредѣленный моментъ для одного наблюдателя  $A$  центръ Венеры проектируется въ точку  $s$  солнечнаго диска, а для другого  $B$  — въ точку  $S$ . Если оба наблюдателя гѣмъ или другимъ способомъ съ удовлетворительною точностью измѣрять разстоянія точекъ  $s$  и  $S$  отъ центра солнца или отъ его края, то такимъ образомъ опредѣлится величина дуги  $sS$ . Такъ какъ дуги  $sS$  и  $AB$ , будучи обѣ перпендикулярны къ плоскости эклиптики, взаимно параллельны, то на основаніи простыхъ геометрическихъ соображеній мы выводимъ слѣдующую пропорцію:

$$sS : AB = SV : VB.$$

Здѣсь  $SV$  есть разстояніе отъ солнца до Венеры, а  $VB$  — разстояніе отъ Венеры до земли. Принимая разстояніе  $BS$  отъ солнца до земли за единицу, мы по третьему закону Кеплера (часть I, § 77) легко получаемъ, что  $SV$  приблизительно равно 0,72 и что слѣдовательно  $VB = 0,28$ . Такимъ образомъ получается:

$$sS : AB = 72 : 28.$$



Рис. 119.

Эту пропорцію съ достаточнымъ приближеніемъ мы можемъ переписатьъ въ слѣдующемъ видѣ:

$$sS : AB = 5 : 2.$$

Слѣдовательно, эта дуга  $sS$  занимаетъ на поверхности солнца протяженіе, которое въ  $2\frac{1}{2}$  раза больше земного діаметра  $AB$ . Если мы обѣ дуги выразимъ въ секундахъ дуги, то между ними должно существовать то же самое отношеніе. Въ такомъ случаѣ, переходя отъ дуги къ угламъ, мы можемъ сказать, что уголъ  $SAs$  также въ  $2\frac{1}{2}$  раза больше угла  $BSA$ . Но этотъ послѣдній уголъ есть ни что иное, какъ удвоенный параллаксъ солнца (часть I, § 40). Поэтому, если уголъ  $SAs$ , равный въ угловыхъ единицахъ дугѣ  $Ss$ , заключаетъ въ себѣ, напр.,  $44^\circ$ , то удвоенный параллаксъ солнца долженъ быть равенъ  $44 \times \frac{2}{5} = 17,6''$ , и, слѣдовательно, самый параллаксъ солнца составляетъ  $8,8''$ .

Изъ предыдущаго ясно, что влияние на параллаксъ солнца всякой ошибки наблюдений, сдѣланной при измѣреніи угла  $SAs$  или дуги  $Ss$ , уменьшается въ пять разъ, и въ этомъ-то и заключается выгода опредѣленія солнечнаго параллакса изъ такого рода наблюдений, особенно, если есть возможность измѣрить съ большою точностью дугу  $Ss$ . Для этой цѣли необходимо въ двухъ мѣстахъ  $A$  и  $B$  земной поверхности наблюдать какъ затененіе Венеры на солнечный дискъ въ точкахъ  $m$  и  $M$ , такъ и ея схождение съ этого диска въ точкахъ  $n$  и  $N$ .

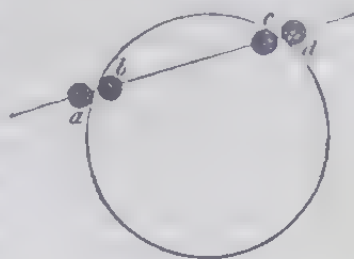


Рис. 120.

Но какъ начало этого явленія, такъ и конецъ его въ свою очередь состоятъ изъ двухъ фазъ, а именно изъ вѣдѣнія (рис. 120,  $a$  и  $d$ ) и выдѣленія (рис. 120,  $b$  и  $c$ ) соприкосновеній краевъ Венеры и солнца. Первое вѣдѣніе соприкосновенія въ точкѣ  $a$  при затененіи Венеры обыкновенно наблюдается слишкомъ восточно и восточнѣе, чѣмъ слѣдуетъ, такъ какъ наблюдатель никогда не знаетъ съ достаточною точностью точку восточнаго края солнца, гдѣ должно произойти это соприкосновеніе. Хотя бы эта точка и была опредѣлена на основаніи предварительныхъ вычисленій. Это оба вѣдѣнія о соприкосновеніи въ точкахъ  $b$  и  $c$  могутъ быть наблюдаемы съ весьма большою точностью такъ какъ въ самые моменты этихъ соприкосновеній образуется тонкая свѣтлая нить между краями обонхъ небесныхъ тѣлъ. Точно также съ достаточною, хотя и немного меньшею точностью наблюдается послѣднее четвертое соприкосновеніе въ точкѣ  $d$ .

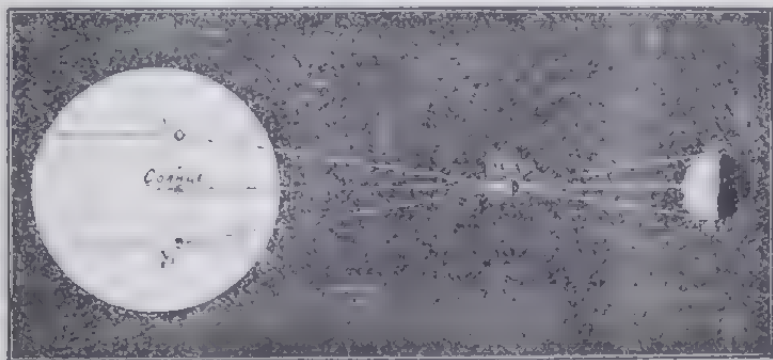


Рис. 121.

Изъ наблюдений моментовъ соприкосновенія въ началѣ и въ концѣ явленія въ двухъ мѣстахъ  $A$  и  $B$  легко могутъ быть вычислены длины тѣхъ путей, которые видимымъ образомъ описываетъ на солнечномъ дискѣ Венера, проектируясь соответственно въ точкахъ  $V_1$  и  $V_2$  (рис. 121), такъ какъ, съ одной стороны, эти пути безъ ощутительной погрѣшности могутъ быть разсматриваемы какъ прямолинейные, съ другой же стороны движеніе

Венера относительно солнца благодаря таблицамъ этой планеты намъ извѣстно съ большою точностью. Поэтому все дѣло сводится на рѣшеніе весьма простой задачи объ опредѣленіи разстоянія  $V_1V_2$  между двумя хордами, причемъ извѣстны длины этихъ хордъ, а также радиусъ того круга, которому онѣ принадлежатъ, такъ какъ этотъ радиусъ есть ни что иное, какъ радиусъ солнца. Это разстояніе  $V_1V_2$  въ данномъ случаѣ можетъ быть опредѣлено съ большою точностью, потому что движеніе Венеры относительно солнца происходитъ весьма медленно, и вслѣдствіе этого даже незначительное измѣненіе въ длинѣ хордъ, проходящихъ соответственно черезъ точки  $V_1$  и  $V_2$ , является причиной весьма значительной разницы въ продолжительностяхъ всего явленія для точекъ  $A$  и  $B$  земного шара. Такъ, во время прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ 3-го июня 1769 года Хель въ Вардо нашелъ, что продолжительность явленія между двумя внутренними соприкосновеніями составляла  $5^h 53^m 14^s$ , между тѣмъ какъ по наблюденіямъ Кука, Грива и Зоандера на островахъ Отаити продолжительность явленія получилась равной только  $5^h 30^m 4^s$ , такъ что разность между этими величинами превзошла 23 минуты.

Вышеописанный способъ опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій прохожденій Венеры передъ солнечнымъ дискомъ былъ развитъ Галлеемъ въ двухъ статьяхъ, напечатанныхъ въ Philosophical Transactions въ 1691 и 1716 годахъ, вслѣдствіе чего онъ обыкновенно и называется способомъ Галлея. На основаніи своихъ наблюденій прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ въ 1677 году онъ заключилъ, что моментъ любого внутренняго соприкосновенія можно замѣтить по крайней мѣрѣ съ точностью до одной секунды, и что, слѣдовательно, продолжительность всего прохожденія можетъ быть опредѣлена съ точностью не менѣе, какъ до  $2^s$ . Далѣе, если мы даже допустимъ, что разность продолжительностей явленія для двухъ мѣстъ земной поверхности, надлежащимъ образомъ избранныхъ, ошибочна на цѣлыхъ четыре секунды, то и тогда для вышеразсмотрѣннаго случая, для котораго эта разность равнялась  $23^m 10^s$  или  $1390^s$ , ошибка составитъ всего только  $\frac{1}{350}$ ую часть всей величины. Слѣдовательно, даже при такой огромной ошибкѣ солнечный параллаксъ долженъ получиться съ точностью до  $\frac{1}{35}$ , своей величины, т.-е. до  $0,04$ , если крупнымъ числомъ принять параллаксъ равнымъ  $9''$ .

Поэтому Галлей заканчиваетъ свою поучительную статью слѣдующими словами:

«Я самымъ настоятельнымъ образомъ рекомендую этотъ способъ всемъ астрономамъ, которымъ послѣ моей смерти представится случай наблюдать это явленіе. Пусть же они вспомнятъ мой совѣтъ и дѣйствительно съ особеннымъ вниманіемъ отнесутся къ этимъ наблюденіямъ, для чего я отъ всей души желаю, чтобы неблагоприятная погода не помѣшала ихъ наблюденіямъ, и чтобы они приобрѣли себѣ безсмертную славу и почести, если имъ удастся съ большою прогнѣю и точностью опредѣлить истинные размѣры планетныхъ орбитъ нашей солнечной системы».

До сихъ поръ, для простоты, мы предполагали, что прохожденіе Венеры наблюдается изъ двухъ мѣстъ земного шара, расположенныхъ на концахъ одного и того же диаметра земли. Въ дѣйствительности же та полоса земного шара, въ которой это явленіе можетъ быть наблюдаемо, всегда бываетъ гораздо уже, и вслѣдствіе этого, вычисленія дѣлаются болѣе сложными. Но во всякомъ случаѣ, чѣмъ больше разность между продолжительностями явленія для двухъ мѣстъ земного шара, тѣмъ точнѣе, само собой разумѣется, выводимый изъ этихъ наблюденій результатъ. Вращеніе земли, которое мы до сихъ поръ оставляли безъ разсмотрѣнія, смотри по обстоятельствамъ, иногда оказываетъ одинаковое вліяніе на продолжительность явленія въ обоихъ мѣстахъ, иногда же — прямо противоположное, такъ что въ первомъ изъ этихъ случаевъ разность между продолжительностями почти совсѣмъ не измѣняется, а во второмъ — увеличивается. Последній случай имѣлъ мѣсто во время прохожденія Венеры въ 1769 и 1882 годахъ, между тѣмъ какъ во время прохожденія въ 1874 году вращеніе земли почти не оказывало никакого вліянія на разность продолжитель-



ностей. Замѣтимъ, наконецъ, что изъ прохожденій, случающихся попарно в отдѣленныхъ другъ отъ друга восьмилѣтнимъ промежуткомъ (§ 50), болѣе позднія всегда оказываются и болѣе благоприятными для опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій продолжительностей явленія въ разныхъ мѣстахъ.

Если же изъ моментовъ начала и конца явленія быть замѣченъ только какой-нибудь одинъ, то вычисленія дѣлаются еще болѣе сложными, такъ какъ въ этомъ случаѣ надо знать уже не разность временъ, а абсолютное время наблюденій, а для этого въ свою очередь необходимо знать географическое положеніе мѣстъ наблюденія, что очень часто представляетъ значительныя трудности. Въ этомъ случаѣ большая или меньшая пригодность явленія для преслѣдуемой здѣсь цѣли обуславливается тѣмъ, чтобы абсолютныя времена начала или конца явленія были по возможности различны.

Если мы въ точкѣ *V* (рис. 119) представимъ себѣ Меркурія вмѣсто Венеры, то длины *SV* и *VB* будутъ относиться между собою какъ 0,39 къ 0,61, или приближенно мы можемъ написать это отношеніе такъ:

$$SV : VB = 2 : 3.$$

Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ случайная ошибка въ измѣреніи дуги *Ss* произведетъ въ  $1\frac{1}{2}$  большую неточность въ искомой величинѣ солнечнаго параллакса, вслѣдствіе чего прохожденіями Меркурія и не пользуются для такой цѣли.

§ 55. **Затрудненія, встрѣчающіяся при наблюденіяхъ надъ прохожденіемъ Венеры.** Хотя, на основаніи изложенныхъ выше теоретическихъ соображеній, прохожденія Венеры являютъ весьма пригодными для опредѣленія солнечнаго параллакса, однако на практикѣ наблюденія этихъ прохожденій представляютъ извѣстныя трудности, которыя существеннымъ образомъ уменьшаютъ точность выводимыхъ результатовъ. Непосредственное наблюденіе соприкосновеній въ началѣ и въ концѣ явленія обуславливается видимыми радиусами солнца и Венеры, а величина этихъ радиусовъ, какъ извѣстно, вообще измѣняется вслѣдствіе иррадиаций (часть I, § 112); именно, иррадиация увеличиваетъ радиусъ солнца и уменьшаетъ радиусъ Венеры, такъ какъ эта послѣдняя во время прохожденія представляется темнымъ дискомъ на свѣтломъ фонѣ. Поэтому дѣйствительныя контакты происходятъ не въ тотъ моментъ, когда намъ кажется, что края солнца и Венеры соприкасаются, а въ нѣкоторый другой моментъ.

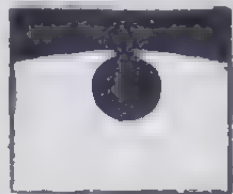


Рис. 122.

Мы считаемъ необходимымъ нѣсколько долѣе остановиться на этомъ вопросѣ, такъ какъ при этомъ происходитъ явленіе, которое уже во время прохожденія Венеры въ 1761 г., а еще болѣе во время прохожденія въ 1769 году крайне удивило и смутило наблюдателей, которые ожидали, что моменты внутреннихъ соприкосновеній должны вполнѣ рѣзко характеризоваться при началѣ явленія образованіемъ тонкой свѣтлой нити, а при концѣ—разрывомъ ея; на самомъ же дѣлѣ въ началѣ явленія края солнца и Венеры долгое время оставались соединенными между собою черной болѣе или менѣе широкой полосой, и когда эта полоса наконецъ разорвалась, то Венера отстояла отъ солнечнаго края сравнительно уже довольно далеко. Нѣчто подобное же наблюдалось и при окончаніи явленія. Въ этомъ случаѣ задолго до видимаго соприкосновенія солнечнаго края съ краемъ темнаго диска Венеры внезапно образовался между этими краями черный мостикъ, вслѣдствіе чего наблюденіе этого момента оказалось весьма затруднительнымъ и негочнымъ. Впрочемъ образованіе этой темной полосы или, какъ ее нѣрѣдко называютъ, черной капли (рис. 122), замѣчалось также и раньше при прохожденіяхъ Меркурія, но только, вслѣдствіе весьма быстрого движенія этой планеты, явленіе это продолжалось болѣе короткое время и потому не такъ бросалось въ глаза и не въ такой степени уменьшало точность наблюденій. Напротивъ того, при солнечныхъ затмѣніяхъ, вслѣдствіе еще болѣе быстрого движенія луны, вслѣдствіе

почти полного равенства видимых радиусов обеих свѣтилъ и вслѣдствіе неровностей луннаго края образованіе черной капли до сихъ поръ вообще еще не наблюдалось, хотя правда Гонесста и Маршанъ во время солнечнаго затмѣнія 17-го мая 1882 года, а также Бигурданъ 17-го апрѣля 1883 года при покрытіи солнечныхъ пятенъ луной замѣтили совершенно подобное же явленіе.

Энке и послѣ него въ течение долгаго времени всѣ астрономы при сужденіи о точности результата, который получился для солнечнаго параллакса изъ прохожденій Венеры въ 1761 и 1769 годахъ, слишкомъ мало вниманія обращали на только-что описанное явленіе и на цѣлый рядъ другихъ обстоятельствъ, затруднявшихъ наблюденія. Поэтому параллаксу солнца, вычисленному на основаніи этихъ наблюденій, была приписана слишкомъ большая точность. Только послѣ того какъ благодаря успѣхамъ наблюдательной астрономіи мало-по-малу было открыто еще нѣсколько другихъ способовъ точнаго опредѣленія расстоянія отъ земли до солнца, чаще и чаще стали встрѣчаться указанія на то, что значеніе солнечнаго параллакса, найденное Энке и равное  $8,57''$ , слишкомъ мало и что оно должно быть увеличено до  $8,8$  или даже до  $8,9''$ . Другими словами, это значить, что солнце отстоитъ отъ земли на столько на 5 миллионовъ километровъ ближе, чѣмъ это принималось до тѣхъ поръ.

§ 56 Прохожденія Венеры 1874 и 1882 годовъ. Вообще понятно, что при такомъ положеніи дѣла съ большимъ напряженіемъ ожидали приближавшагося новаго прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ, которое должно было произойти въ 1874 году. Благодаря улучшенію зрительныхъ трубъ, изъ которыхъ при наблюденіи предшествовавшего прохожденія, многія не были еще ахроматическими, благодаря значительному усовершенствованію измерительныхъ приборовъ, наконецъ, вообще, благодаря успѣхамъ наблюдательной астрономіи и особенно благодаря целесообразному упрощенію астрономовъ въ наблюденіяхъ искусственныхъ прохожденій Венеры, не безъ основанія следовало надѣяться, что и въ XIX-мъ столѣтіи изъ прохожденій Венеры удастся вывести солнечный параллаксъ съ гораздо бѣльшей точностью, чѣмъ по другимъ способамъ, подобно тому, какъ это безспорно имѣло мѣсто также и въ XVIII столѣтіи, несмотря на вышъ указанныя трудности при наблюденіяхъ прохожденій Венеры. Къ тому же въ это время уже выступилъ на сцену новый, раньше неслѣдственный способъ наблюденія — фотографическій, отъ котораго, повидимому, следовало ожидать особенно хорошихъ результатовъ.

Поэтому не удивительно, что и въ этотъ разъ правительства всѣхъ образованныхъ государствъ, въ благожелательномъ соревнованіи, приложили всевозможныя старанія, чтобы изъ этого рѣдкаго явленія извлечь наибольшую пользу для науки. Можно смѣло утверждать, что до тѣхъ поръ на научныя предпріятія еще ни разу не тратились такія большія суммы денегъ.

Но всѣ эти приношенія далеко не убавились тѣмъ успѣхомъ, котораго можно было ожидать и на который надѣялись всѣ астрономы. Въ самомъ дѣлѣ, хотя точность наблюденій этого явленія и увеличилась довольно значительно, но не въ такой мѣрѣ, какъ этого можно было ожидать, соотвѣственно успѣхамъ наблюдательной астрономіи, вообще; кромѣ того, фотографія въ то время еще не достигла такого развитія, чтобы можно было соперничать съ другими способами наблюденій, напримѣръ съ измереніями помощью гелиометра.

Впрочемъ результатъ наблюденія новаго прохожденія оказался не настолько неудовлетворительнымъ, какъ это казалось съ перваго взгляда. Въ самомъ дѣлѣ, даже къ результатамъ, которыя должны были получиться изъ наблюденій прохожденія Венеры 1874 года, астрономы никогда не предъявляли тѣхъ требованій, которыя можно было бы предъявить въ другихъ случаяхъ согласно съ нашими новейшими наблюдательными средствами; на прохожденіе Венеры смотрѣли скорее только какъ на прекрасное средство испытать

сравнительныя достоинства новыхъ наблюдательныхъ способовъ, и впредь все вниманіе было сосредоточено на прохожденіи Венеры 1882 года, во время котораго слѣдовало по возможности цѣлесообразно воспользоваться уже приобретенною опытностію. Поэтому тѣмъ болѣе было достойно сожалѣнія то обстоятельство, что на обработку наблюдений предшествовавшаго прохожденія потребовалось времени больше, чѣмъ протекло отъ одного прохожденія до другого, такъ что для наблюдений прохожденія 1882 года можно было воспользоваться опытомъ 1874 года не вполне, а лишь въ известной степени. Вѣдѣствіе этого, по мѣрѣ того, какъ приближалось 8-ое декабря 1882 года большія надежды, возматившіяся на это новое прохожденіе Венеры, значительно уменьшились. Правда, и на этотъ разъ были приложены необыкновенныя старанія къ тому, чтобы вполне и притомъ по возможности наиболѣе цѣлесообразнымъ образомъ воспользоваться наблюдениями этого явленія; по все же уже далеко не было того возвышеннаго настроенія, которое замѣчалось восемь лѣтъ назадъ, и, главное, не было прежней надежды получить солнечныя параллаксъ съ точностію до  $0,01''$ .

Ниже помѣщены различныя значенія солнечнаго параллакса  $\pi$ , полученные на основаніи совокупной обработки наблюдений прохожденій Венеры какъ 1874, такъ и 1882 годовъ, причемъ всѣ наблюдения были раздѣлены на группы, въ зависимости отъ тѣхъ методовъ, по которымъ они были произведены.

$\pi$

- |                                                                                                           |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1) на основаніи фотографическихъ снимковъ французскихъ, англійскихъ и американскихъ астрономовъ . . . . . | отъ $8,84''$ до $8,86''$ , |
| 2) на основаніи наблюдений сопрیکосновеній въ началѣ и въ концѣ явленія . . . . .                         | » $8,82''$ » $8,86''$ ,    |
| 3) на основаніи наблюдений нѣмецкой экспедиціи, произведенныхъ помощью гелиометра . . . . .               | $8,88''$ .                 |

Ньюкомбъ же, обработавъ вновь наблюдения прохожденій 1761 и 1769 годовъ, нашелъ для солнечнаго параллакса величину  $8,79''$ .

§ 57. **Другіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса.** Выше (§ 55) мы уже упоминали, что въ настоящее время существуетъ цѣлый рядъ способовъ опредѣленія солнечнаго параллакса, и что эти способы привели астрономовъ къ убѣжденію, что значеніе солнечнаго параллакса, найденное Энке, слишкомъ мало. Впервые сомнѣніе въ вѣрности этой величины возбудилъ въ 1854 году Гаизенъ на основаніи подготовительныхъ работъ къ своимъ прекраснымъ луннымъ таблицамъ, а немного спустя противъ значенія солнечнаго параллакса, найденнаго Энке, высказались также Эри и Леверье, — первый исходя изъ теоріи движенія луны, а второй на основаніи теоріи движеній солнца, Венеры и Марса. Дѣйствительно, въ движеніяхъ солнца, луны, Венеры и Марса замѣчаются нѣкоторыя неравенства, зависящія отъ массы земли, которая, въ свою очередь, находится въ известномъ соотношеніи съ солнечнымъ параллаксомъ, такъ что на основаніи упомянутыхъ неравенствъ можно опредѣлить массу земли, а отсюда затѣмъ получается и солнечный параллаксъ.

Эти способы, по которымъ изъ сравненія астрономическихъ наблюдений какой-нибудь планеты съ теоріей ея движенія, развитой на основаніи закона всемірнаго тяготѣнія, опредѣляется масса земли, а затѣмъ и солнечный параллаксъ, могутъ быть по справедливости названы аналитическими. Со временемъ, когда возмущенія, оказываемыя планетами другъ на друга въ теченіе многихъ тысячелѣтій, будутъ извѣстны съ огромною точностію, такая только доступна нашимъ современнымъ способамъ вычисленія, эти способы дадутъ намъ въ руки вѣрнѣйшее средство для опредѣленія солнечнаго параллакса.

Этимъ аналитическимъ способамъ прогивопологаются способы геометрическіе, по которымъ разстояніе отъ солнца до земли опредѣляется на основаніи зависящихъ отъ параллакса (часть I, глава V) смѣщеній близкихъ къ землѣ планетъ. Къ этимъ способамъ

должны быть применены прежде всего прохождения Венеры перед солнечным диском, а затем наблюдения Марса во время его оппозиций, которые Эри рекомендовала астрономам еще в 1857 году. Однако, надлежащим образом этот последний способ был выполнен только в 1862 году, когда оппозиция Марса была особенно благоприятна для этих наблюдений. В это же время Виннике обратил внимание на то, что упомянутая уже раньше (§ 52) оппозиция Марса во время его оппозиций дали прежним астрономам более точные результаты, исключительно по причинам, не имеющим ничего общего с совершенством самого способа. В 1872 году Галле для той же цели предложил наблюдать также малые планеты, для которых их расстояние от земли во время оппозиции меньше среднего расстояния от земли до солнца. Как на особенные преимущества этого способа он указывал на то обстоятельство, что малые планеты, иначе называемые астероидами, вследствие своей малости несколько не отличаются от неподвижных звезд, в потому их положение относительно этих последних может быть определено легче и точнее, чем положение Марса, который представляет собою довольно значительный диск. Второе преимущество этого способа заключается в том, что им можно пользоваться весьма часто, не производя при этом никаких лишних затрат, так как при большом числе этих наблюдений едва ли проходит года, когда бы тот или другой из астероидов во время оппозиции не находился в положении, благоприятном для определения солнечного параллакса. Поэтому этот способ с полным успехом применялся после того уже неоднократно. Наконец, в 1881 году Виннике указал на то, что покрытия звезд Венерой случаются не так редко, как это думали раньше, и что наблюдениями этих покрытий также можно было бы воспользоваться для определения солнечного параллакса.

Благодаря определению скорости света, впервые сделанному французским физиком Фуко в 1862 году и впоследствии неоднократно повторившемуся при помощи более усовершенствованных средств (часть I, § 46), были открыты третьяго рода способы определения солнечного параллакса, именно физические способы. Так называемая абберация (часть I, глава VI) обуславливается, как известно, соотношением между скоростью движения земли по ее орбите и скоростью света. Следовательно, если известна эта последняя скорость, то по ней и по известной величине абберации можно определить скорость движения земли, а затем и расстояние от земли до солнца или, что то же, солнечный параллакс. Кроме только-что разсмотреннаго физического или, как его иначе называют, тахиметрическаго способа, со временем должны получить важное значение еще другие. В самом деле когда уравнение света (часть I, § 48) для Юингера будет определено для наблюдений затмения его спутников при помощи современных вспомогательных средств точнее, чем это было сделано до сих поръ, то по тому промежутку времени, которое свет употребляет, чтобы идти от солнца до земли, можно будет непосредственно заключить о величине расстояния, отстоящаго эти два тела одно от другого.

Особенно разобрав различныя определения солнечного параллакса, Пьеркомбъ в 1865 году вывел для него величину 8,85. Отсюда среднее расстояние от земли до солнца получалось равнымъ 148 600 000 километровъ.

Это значение солнечного параллакса до самаго послѣдняго времени было общепринятымъ, и оно можетъ быть ошибочно лишь на несколько сотыхъ долей секунды, такъ что можно утверждать, чтобы новыя наблюдения дали результаты, значительно образомъ отличающыя отъ только что приведеннаго. Впрочемъ, на астрономическомъ конгрессѣ, имѣвшемъ место въ Парижѣ весною 1896 года и занимавшемъ вопросомъ о томъ, какую величину астрономическихъ постоянныхъ величинъ слѣдуетъ принять въ четырехъ большихъ астрономическихъ ежегодникахъ, издаваемыхъ въ Парижѣ, Лондонѣ, Вашингтонѣ и Берлинѣ, было решено, начиная съ 1900 года, принимать для солнечного параллакса величину  $8 \times 0' \ast$

## ГЛАВА V.

## М а р с ь.

§ 58. **Общія свѣдѣнія.** Марсъ уже два раза игралъ весьма важную роль въ дѣлѣ расширенія нашихъ знаній о солнечной системѣ. Въ самомъ дѣлѣ, выше (часть I, § 74) мы видѣли, что вѣдѣніе большого эксцентриситета орбиты этой планеты Кеплеру удалось доказать, что планеты нашей солнечной системы движутся по эллипсамъ, и, благодаря этому открытію, вся астрономія приняла совершенно новую форму. Далѣе, въ предыдущей главѣ (§ 52) мы упоминали, что на основаніи наблюдений надъ Марсомъ было сдѣлано первое точное опредѣленіе солнечнаго параллакса, и что также и въ послѣднее время (§ 57) эти цѣнныя наблюденія послужили къ установленію цѣлѣснаго значенія этого важнаго элемента солнечной системы.

Среднее разстояніе отъ Марса до солнца, или, иначе говоря, большая полуось орбиты этой планеты составляетъ 1,524 средняго разстоянія отъ земли до солнца, что равняется 226 милліонамъ километровъ. Вѣдѣніе этого Марсъ является первой изъ планетъ, которая при своемъ движеніи около солнца находится внѣ земной орбиты и потому называется верхними (часть I, § 60), въ отличіе отъ нижнихъ Меркуря и Венеры (часть I, § 59), орбиты которыхъ заключаются внутри земной орбиты. Такъ какъ Марсъ принадлежитъ къ числу верхнихъ планетъ, то мы можемъ усматривать его не только по соотвѣству съ солнцемъ, но иногда также и въ части неба, прямо противоположной солнцу. Въ это время онъ проходитъ черезъ меридіанъ въ полночь, и астрономы говорятъ, что онъ находится въ противостояніи съ солнцемъ. Но той же самой причинѣ Марсъ никогда не представляется намъ въ видѣ диска, подобно Меркурию и Венерѣ, хотя около того времени, когда онъ отстоитъ на 90° отъ солнца или, какъ говорятъ, когда онъ находится въ квадратурахъ съ солнцемъ, большая или меньшая часть его восточнаго или западнаго края представляется темной, и Марсъ имѣетъ видъ, подобный тому, какой имѣетъ наша луна приблизительно за три дня до или черезъ три дня послѣ полнолунія. Еще меньшихъ размѣровъ бываетъ эта темная часть у остальныхъ верхнихъ планетъ Юпитера, Сатурна и т. д., такъ что онѣ даже въ лучшія астрономическія трубы представляются намъ въ видѣ совершенно правильныхъ дисковъ.

Эксцентриситетъ орбиты Марса, какъ уже было сказано вначалѣ, достигаетъ весьма значительной величины: поэтому въ перигелии Марсъ приближается къ солнцу на 205 милліоновъ километровъ, между тѣмъ какъ въ афелии разстояніе отъ Марса до солнца составляетъ 248 милліоновъ километровъ. Еще большей величины достигаетъ разность между разстояніями отъ земли до Марса при различныхъ его положеніяхъ на орбитѣ. Во время оппозиціи, когда это разстояніе дѣлается наименьшимъ, онъ иногда отстоитъ отъ земли только на 57 милліоновъ километровъ; наоборотъ, во время соединенія Марса съ солнцемъ, когда разстояніе отъ этой планеты до земли достигаетъ наибольшей величины, оно можетъ доходить до 396 милліоновъ километровъ, что въ 7 разъ превосходитъ выше приведенное наименьшее разстояніе.

Сообразно съ этими разстояніями и видимый съ земли діаметръ Марса также мѣняется въ весьма значительныхъ предѣлахъ. Во время соединенія Марса съ солнцемъ видимый діаметръ планеты составляетъ только 4", и въ этомъ случаѣ Марсъ представляется намъ по величинѣ такимъ же, какъ и Уранъ. Во время оппозиціи видимый діаметръ Марса равняется 26", и тогда мы можемъ эту планету по величинѣ сравнить съ Юпитеромъ, когда этотъ послѣдній наиболее удаленъ отъ земли.

\* Рис. 123 представляет сравнительные видимые размеры Марса в двух крайних и среднемъ расстояніяхъ его отъ земли. \*

Не менѣе любопытной является и яркость Марса при различныхъ его положеніяхъ. Во время соединенія по яркости мы можемъ его сравнить съ звѣздой третьей величины. Во время оппозиціи онъ посылаетъ намъ такое количество свѣта, которое по изслѣдованіямъ Цеплера въ 6994 милліона разъ меньше количества свѣта, посылаемаго намъ



Рис. 123.

солнцемъ; по новѣйшимъ же изслѣдованіямъ Пиккеринга это количество свѣта еще значительно меньше и составляетъ всего только половину вышеприведенной величины. Но даже, оставаясь на результатѣ, найденномъ Пиккерингомъ, мы приходимъ къ заключенію, что въ это

время Марсъ на  $1\frac{1}{2}$  звѣздныхъ величины ярче средней звѣзды первой величины.

Диаметръ Марса равенъ 6750 километрамъ и, такимъ образомъ, приблизительно въ два раза меньше земного диаметра. Поверхность Марса содержитъ 143 милліона квадратныхъ километровъ, а объемъ 161000 милліоновъ кубическихъ километровъ. Следовательно, поверхность Марса составляетъ 0,3 земной поверхности, а объемъ—0,14 объема земного шара. \* Сравнительные размеры Марса и земли представлены на рис. 124. \*

Жителямъ Марса, если таковые существуютъ, солнечный дискъ представляется под угломъ  $22,7'$ . Следовательно, диаметръ солнца, видимый съ Марса, приблизительно на  $9'$  меньше, чѣмъ диаметръ солнца, видимый съ земли. Далѣе, дневной свѣтъ, получаемый Марсомъ отъ солнца, въ 2 раза слабѣе, чѣмъ у насъ на землѣ, такъ какъ освѣщеніе обратно пропорционально квадрату расстоянія отъ освѣщаемого предмета до источника свѣта.

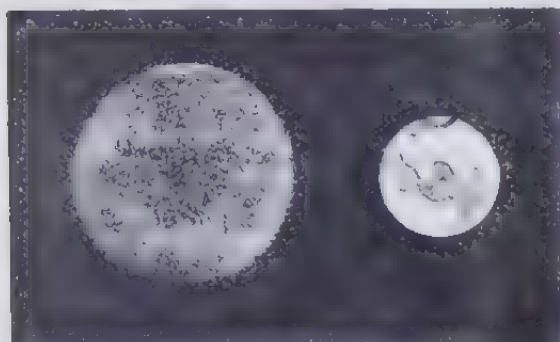


Рис. 124

Сидерическое время обращенія Марса около солнца составляетъ 686,980 дней, тропическое—686,930 дней и синодическое—779,46 дней (часть I, §§ 84, 85, 86). Отсюда вытекаетъ, что Марсъ движется по своей орбитѣ со среднею скоростью 29,6 километровъ въ секунду.

Еще не такъ давно опредѣленіе массы Марса представляло значительныя трудности, такъ какъ въ рукахъ астрономовъ не было другого средства, кромѣ возмущеній, произво-

димыхъ этой планетой въ движеніи земли. На основаніи этихъ возмущеній возможно сдѣлать заключеніе о той силѣ, которая ихъ вызвала, а следовательно и о массѣ возмущающаго тѣла, въ данномъ случаѣ—Марса. Но такъ какъ эти возмущенія, вслѣдствіе незначительности массы Марса достигаютъ даже въ крайнемъ случаѣ всего только  $7''$ , то разсматриваемый способъ не могъ дать достаточно точнаго результата. Со времени открытія Азачфомъ Хоумъ въ двухъ спутниковъ Марса въ августѣ 1877 года положеніе дѣла измѣнилось существенно образомъ. Ниже (часть III, глава II) будетъ изложено, какимъ

образомъ можетъ быть определено отношеніе массы планеты, имѣющей спутника, къ массѣ солнца, если изъ наблюденій извѣстны время обращенія планеты около солнца, время обращенія спутника около планеты и, наконецъ, видимый радіусъ орбиты спутника около времени, когда планета находится въ среднемъ разстояніи отъ солнца. Если буквой *a* назовемъ кубъ этого радіуса, умноженный на квадратъ времени обращенія планеты и раздѣленный на квадратъ времени обращенія спутника, то, принимая массу солнца за единицу, мы массу планеты вычислимъ по выраженію

$$\frac{a}{1-a}$$

Съ этимъ превосходнымъ и простымъ способомъ определенія массы планеты, имѣющей спутника, впервые познакомилъ астрономовъ Ньютонъ; онъ вмѣстѣ съ тѣмъ применилъ свой способъ къ вычисленію массы Юпитера, такъ какъ тогда эта планета была единственной, для которой элементы орбитъ спутниковъ были извѣстны съ достаточною для такого рода вычисленій точностію. Въ настоящее время изъ наблюденій спутника Марса съ большою точностію выведено, что масса Марса составляетъ  $\frac{1}{3093500}$  массы солнца, и что, слѣдовательно, она равняется приблизительно 0,1 массы земли. Вмѣстѣ съ тѣмъ найдено, что плотность Марса составляетъ 0,7 средней плотности земли.

Тѣла при свободномъ паденіи на поверхности Марса проходятъ въ первую секунду только 1,9 метра, т.-е. немного болѣе, чѣмъ на Меркуріи.

Марсъ, какъ богъ войны, изображается знакомъ ♂, представляющимъ собою стрѣлу со щитомъ.

§ 59. **Вращеніе Марса.** Марса всякій легко можетъ узнать по его темнокрасному цвѣту, напоминающему цвѣтъ раскаленного желѣза. Вокоръ послѣ изобрѣженія зрительной трубы на поверхности Марса были замѣчены пятна, изъ которыхъ одни буро-краснаго цвѣта, а другія зеленоватаго и даже голубого.

Самое замѣчательное изъ этихъ пятенъ наблюдалось еще въ 1636 году Фонтанной, и онъ на основаніи видимыхъ измѣненій этого пятна въ 1638 году сдѣлалъ заключеніе, что Марсъ вращается около оси. Такимъ образомъ, эта планета была первой, вращеніе которой около оси было открыто на основаніи наблюденій. Однако, на эти интересныя наблюденія долгое время не обращали никакого вниманія. Наконецъ, въ 1659 году Гюйгенсъ снова вернулся къ этому вопросу, а вокоръ послѣ него въ 1660 году Кассини нашелъ изъ своихъ наблюденій, что продолжительность вращенія Марса около оси составляетъ 24 часа 40 минутъ средняго времени (часть I, § 95). Съ тѣхъ поръ определенія вращенія Марса повторялись весьма часто; этимъ вопросомъ, между прочимъ, занимались: Маральди, Гершель, Шретеръ, Беръ, Медлеръ и др., такъ что въ настоящее время продолжительность вращенія Марса около оси извѣстна съ точностію до сотыхъ долей секунды. Это обстоятельство слѣдуетъ объяснить тѣмъ, что на рисункахъ, сдѣланныхъ Гуккомъ и Гюйгенсомъ въ 1666 и 1672 годахъ, съ увѣренностію можно отличить пѣкоторые пятна, существующія на поверхности Марса еще и теперь (сравни часть I, § 87). Ниже сопоставлены заслуживающія наибольшаго довѣрія определенія продолжительности вращенія Марса около оси, сдѣланныя въ новѣйшее время:

Вычислитель.	Продолжительность вращенія.	Вычислитель.	Продолжительность вращенія.
Р. Вольфъ и Линсеръ.	24 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 22,9 <sup>s</sup>	Мартъ . . . . .	24 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 22,63 <sup>s</sup>
Кайзеръ . . . . .	22,62	Баххуйзенъ . . . . .	22,66
Шмидтъ . . . . .	22,60	Вислиценусъ . . . . .	22,65
Прокторъ . . . . .	22,72		

Такимъ образомъ продолжительность вращенія планеты около оси едва ли отличается отъ величины 24<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 22,65<sup>s</sup> болѣе, чѣмъ на нѣсколько сотыхъ частей секунды.

§ 60 **Времена года на Марсѣ.** Такъ какъ время вращенія Марса около оси, какъ мы только-что видели, лишь немного больше чѣмъ на полчаса превосходить время вращенія земли около оси, то, следовательно, и продолжительность сутокъ на обѣихъ этихъ планетахъ приблизительно одна и та же. Точно также существуетъ сходство и между временами года на обѣихъ планетахъ, такъ какъ наклонность оси вращенія Марса къ плоскости его орбиты по величинѣ приблизительно равняется наклонности земной оси къ плоскости эклиптики.

Первая попытка опредѣлить положеніе оси вращенія Марса была сдѣлана астрономомъ Маршелемъ. Затѣмъ это опредѣленіе было повторено В. Гершелемъ, который изъ своихъ изслѣдованій вывелъ, что наклонность плоскости экватора Марса къ плоскости его орбиты составляетъ  $28^{\circ}42'$ . Поздншія изслѣдованія и, особенно, изслѣдованія Стакварелли дали этого угла меньшую величину, именно  $24^{\circ}52'$ , что весьма незначительно (на 1,59) отличается отъ наклонности нашего экватора къ эклиптикѣ. Вѣдѣніе это не только послѣдовательно время года на Марсѣ такое же, какъ и у насъ на землѣ, но также и распредѣленіе жаркаго, умереннаго и холоднаго поевовъ (часть I, § 34) одинаково на поверхности обѣихъ планетъ. Однако нѣтъ недостатка и въ различіяхъ между обѣими планетами. Въ этомъ отношеніи прежде всего слѣдуетъ обратить вниманіе на то обстоятельство, что время обращенія Марса около солнца, т.-е. годъ этой планеты, составляетъ круглымъ числомъ 687 дней и, следовательно, приблизительно въ два раза длиннѣе нашего земного года; вѣдѣніе этого и продолжительность отдельныхъ временъ года на Марсѣ въ среднемъ вѣче больше продолжительности соответственныхъ временъ года у насъ на землѣ. Еще болѣе существенное различіе между обѣими планетами обуславливается значительной величиной эксцентриситета орбиты Марса вѣдѣніе чего продолжительность какого-нибудь опредѣеннаго времени года на Марсѣ, смотря по положенію лини апсидъ этой планеты относительно лини равноденствія, можетъ мѣняться въ весьма значительныхъ предѣлахъ, и, кромѣ того, различія времена года по своей продолжительности гораздо больше отличаются одно отъ другаго, чѣмъ у насъ на землѣ (ср. часть I, §§ 91 и 92). Въ настоящее время расположеніе лини апсидъ у обѣихъ планетъ приблизительно одинаково, поэтому и на Марсѣ въ сѣверномъ полушаріи продолжительность обихъ теплыхъ временъ года (весны и лѣта) больше чѣмъ продолжительность обихъ холодныхъ временъ года (осени и зимы). Именно времена года въ томъ смыслѣ, какъ мы ихъ понимаемъ у насъ на землѣ имѣютъ въ сѣверномъ полушаріи Марса слѣдующую продолжительность:

въ земныхъ дняхъ	въ дняхъ Марса	въ земныхъ дняхъ	въ дняхъ Марса		
весна . . . . .	199,6	194	зима . . . . .	160,1	156
лѣто . . . . .	181,7	176	весна и лѣто вмѣстѣ	381,3	370
осень . . . . .	145,6	142	осень и зима вмѣстѣ	305,7	298

Слѣдовательно, въ то время какъ у насъ на землѣ въ сѣверномъ полушаріи продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыя, составляетъ 186,5 дней, а продолжительность осени и зимы 178,8 дней (часть I, § 92), и такимъ образомъ первый промежутокъ времени только на 7,7 дней длиннѣе втораго, для Марса та же самая разность, выраженная въ земныхъ дняхъ, доходитъ до 75,6 дней или до  $2\frac{1}{2}$  мѣсяцевъ. Въ южномъ полушаріи, наоборотъ, имѣетъ мѣсто обратное явленіе: тамъ продолжительность осени и зимы, вмѣстѣ взятыя, больше продолжительности весны и лѣта, и кромѣ того зима на 21,6 дней длиннѣе лѣта. Длѣе для Марса, совершенно такъ же, какъ и для земли, прохожденіе черезъ перигелий доидетъ на 17 мѣсяцы, когда въ южномъ полушаріи планеты имѣетъ мѣсто лѣто, такъ что и на Марсѣ какъ и на землѣ, въ южномъ полушаріи лѣто хотя короче, но зато жарче, чѣмъ въ сѣверномъ, съ тою только разницею, что на Марсѣ, вѣдѣніе большого эксцентриситета орбиты этой планеты, разность температуръ въ обихъ полушаріяхъ гораздо



значительнее, чѣмъ на землѣ. Для орбиты Марса разстоянія перигелия и афелия до солнца относятся между собою какъ 5 къ 6, а такъ какъ освѣщеніе и нагреваніе измѣняются обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то въ разгарѣ лѣта въ тѣченіе дня сѣверное полушаріе Марса получаетъ приблизительно только 0.7 того количества теплоты которое при тѣхъ же обстоятельствахъ приходится на долю южнаго. Поэтому-то южное полушаріе и характеризуется хотя болѣе короткимъ, но зато гораздо болѣе жаркимъ лѣтомъ, чѣмъ сѣверное, между тѣмъ какъ зима въ южномъ полушаріи бываетъ не только длиннѣе, но, вследствие большаго удаленія Марса отъ солнца въ это время, также и холоднѣе, чѣмъ въ сѣверномъ. Поэтому разница въ температурѣ между обоими полушаріями на Марсѣ должна быть гораздо чувствительнѣе, чѣмъ у насъ на землѣ.



Рис. 125.

§ 61. **Топографія Марса.** Выше (§ 59) уже было упомянуто, что пятна на Марсѣ имѣютъ частью красноватый оттѣнокъ, частью зеленовато-голубой. Пятна первого рода обыкновенно считаются материками, пятна второго рода — морями планеты. Однако, вопреки этому общераспространенному мнѣнію въ послѣднее время астрономы Ликской обсерваторіи и между ними особенно Шейбте влекли совершенно противоположный взглядъ, а именно, что зеленовато-голубыя пятна, какъ болѣе темныя, представляютъ собою матеріки, а красноватая, какъ болѣе свѣтлая, моря Марса. Въ подтвержденіе своего взгляда они приводятъ то обстоятельство, что съ вершины горы Гаммагонъ, на вершинѣ которой, какъ извѣстно, находится Ликская обсерваторія (рис. 125), Санъ-Франциска бунта при солнечномъ освѣщеніи кажется всегда свѣтлѣе, чѣмъ окружающій ее ландшафтъ. Однако, противъ такого взгляда слѣдуетъ возразить, что водная поверхность, особенно находящаяся въ движеніи, лишь въ томъ случаѣ кажется свѣтлѣе, чѣмъ, напр., песчаная поверхность береговъ, если, благодаря положенію солнца, въ глазъ наблюдателя попадаетъ не только раз-

сланный свѣтъ, но также значительное количество правильно отраженного свѣта. Однако, въ такихъ условияхъ освѣщенія Марсъ по отношенію къ землѣ не находится. Кроме того, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что окрестности Ликской обсерваторіи покрыты густыми лѣсами, и потому вполне естественно, что въ этомъ случаѣ материкъ кажется темнѣе моря. Поэтому мы полагаемъ, что въ настоящее время цѣль никакого достаточнаго основанія оказывалась отъ общеринягаго допущенія, что свѣтлыя красныя пятна соответствуютъ нашимъ материкамъ, а темныя зеленоваго-голубыя — нашимъ морямъ.

Къ интереснѣйшимъ образованиямъ на Марсѣ, безусловно, принадлежатъ замѣченные впервые въ 1716 году астрономомъ Маральди бѣлыя пятна довольно неправильной формы,

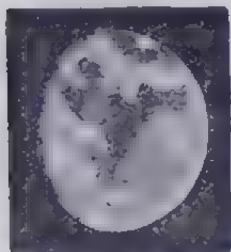


Рис. 126.

находящихся вблизи полюсовъ и достигающія наибольшей величины и наибольшей яркости въ то время, когда на соответственномъ полюсѣ кончается длинная полярная ночь, и принимающія все меньшіе и меньшіе размеры по мѣрѣ того, какъ постепенно вступаетъ въ свои права лѣто, иначе говоря, по мѣрѣ того, какъ самыя образования подвергаются все болѣе и болѣе сильному дѣйствію солнечныхъ лучей. Поэтому вполне естественнымъ является объясненіе, что эти полярныя пятна суть ни что иное, какъ образования, вполне подобныя ледянымъ околуполярнымъ областямъ на нашемъ земномъ шарѣ. Такой

взглядъ представляется тѣмъ болѣе правдоподобнымъ, что на Марсѣ, совершенно такъ же, какъ и у насъ на землѣ, центры этихъ образований не совпадаютъ съ геометрическими полюсами планеты, и это особенно бросается въ глаза относительно южного полушарія, гдѣ середина свѣтлаго пятна отстоитъ отъ полюса приблизительно на  $5^{\circ}$ . Эти такъ называемыя полярныя шапки, между прочимъ, кажутся выступающими за края диска планеты, что слѣдуетъ объяснить исключительно оптическимъ обманомъ, совершенно подобно тому, какъ объясняется другое извѣстное явленіе, состоящее въ томъ, что мы освѣщенную часть луны принимаемъ за сегментъ, принадлежащій диску бѣльшихъ размеровъ, сравнительно съ дискомъ, которому принадлежитъ остальная темная часть луны (часть I, § 112). \* Одна изъ полярныхъ шапокъ Марса изображена на рис. 126, который вмѣстѣ съ тѣмъ даетъ читателю представленіе о фазѣ этой планеты во время ея квадратуры съ солнцемъ (§ 58). \*

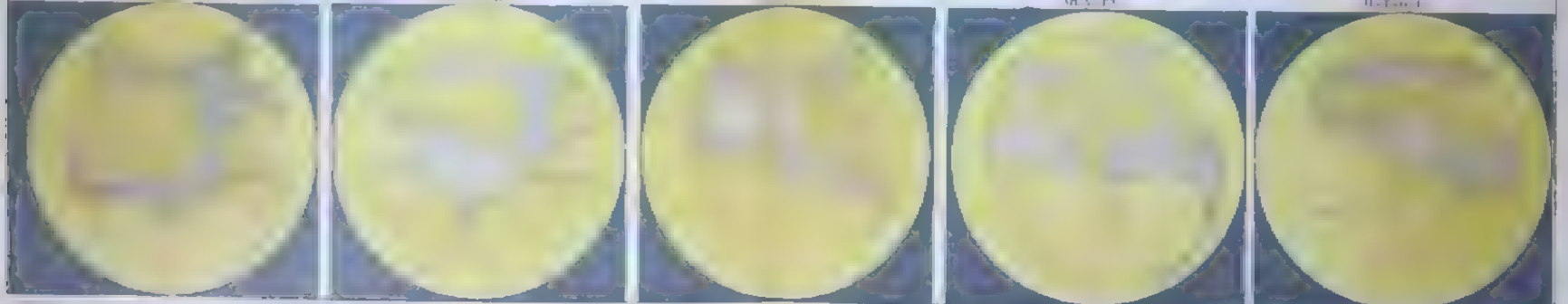
Со времени Шрегера, который въ концѣ XVIII столѣтія въ Лизіенталѣ посвятивъ свои силы тщательному изученію всего того, что можно видѣть на поверхности различныхъ планетъ нашей солнечной системы и, между прочимъ, на поверхности Марса, наши знанія относительно этого послѣдняго въ этомъ направленіи почти совершенно не развивались впередъ до тѣхъ поръ, пока наконецъ въ 1840 году Беру и Медлеру не удалось послѣ десятилѣтней работы составить весьма подробную карту Марса, на которой впервые относительное положеніе нѣкоторыхъ пятенъ планеты было нанесено не по оцѣнкѣ на глазъ, а на основаніи измѣреній. Послѣ этого снова протекаетъ почти двадцать лѣтъ, которыя не ознаменовались никакими существенными успѣхами въ топографіи Марса, и только въ 1858 году Скианарелли, занявшійся старательнымъ изученіемъ цѣловыхъ отблѣсковъ пятенъ этой планеты, обратилъ на нее вниманіе астрономовъ, и съ этихъ поръ Марсъ сдѣлался предметомъ серьезно изслѣдованія для такихъ выдающихся наблюдателей, какъ Локьеръ, Кайзеръ, Довесъ, Шмидтъ, Фламмаріонъ, Прокторъ, Гринъ, Терби и др. Въ 1867 году Прокторъ, съ цѣлью облегчить описаніе различныхъ частей поверхности Марса, предложилъ для нихъ систематическую номенклатуру впрочемъ, уже нѣсколько раньше итальянскій астрономъ Секки далъ собственныя имена нѣкоторымъ наиболее замѣчательнымъ образованиямъ на этой планетѣ. Проктору образцомъ послужила номенклатура, принятая для нашихъ лунныхъ картъ (прим. къ § 48); именно, онъ отдѣльныя пятна называлъ именами знаменитыхъ астрономовъ. Впрочемъ есте-

# Марс

## Карта планеты Марс по Фламариону



Издание: 1894 год. Автор: Фламарион.



Поверхности Марса и ... в 1894 году

Карта составлена на М. М. Соболе

ственно, что предпочтене оны отдавъ тѣмъ астрономамъ, которые много потрудились въ области изслѣдованія этой планеты, причеъ львиная часть была удѣлена его соотечественникамъ. Эта номенклатура, принятая съ нѣкоторыми измѣненіями ареографами \*), затѣмъ была дополнена Фламмаріономъ, Гринномъ и другими. Однако, десять лѣтъ спустя Скіапарелли предложилъ другую номенклатуру, въ которой названія пятенъ на Марсѣ были заимствованы изъ древней и отчасти даже изъ мифической географіи. Эта новая номенклатура мало-по-малу приобрѣла права гражданства, и прежняя такимъ образомъ была совершенно вытѣснена, такъ что въ этомъ отношеніи для Марса имѣло мѣсто обратное явленіе, чѣмъ для луны.

Совершенно новая эпоха въ развитіи нашихъ знаній относительно Марса наступила съ 1877 года, когда вышеозначенный миланскій астрономъ Скіапарелли, обладавшій необыкновенно острымъ зрѣніемъ, занялся подъ благодатнымъ небомъ Италии изученіемъ поверхности этой планеты, которую онъ съ тѣхъ поръ наблюдалъ во время каждаго ея противостоянія съ неутомимымъ рвеніемъ и съ достойнымъ удивленія усердіемъ. \* На прилагаемой при семь цвѣтной таблицѣ, между прочимъ, даны рисунки, представляющіи нѣкоторыя части поверхности Марса по наблюденіямъ Скіапарелли. Карта же всей поверхности планеты, въ видѣ такъ называемыхъ плоскошарій (часть I, § 118), составлена на основаніи наблюденій Фламмаріона. Наконецъ, рисунки диска Марса, какъ онъ намъ представляется въ различные мѣсяцы, сдѣланы на основаніи наблюденій, произведенныхъ въ Ловельской обсерваторіи въ 1894 году. \* *Одного взгляда на карту Марса достаточно, чтобы убѣдиться въ томъ, что въ южномъ полушаріи планеты темныхъ пятенъ гораздо больше, чѣмъ въ сѣверной \*\*).* Поэтому, если мы выстѣ съ огромнымъ большинствомъ астрономовъ темныя пятна на Марсѣ будемъ считать водными выветриванцами, а свѣзлыя части — материками, то мы должны будемъ допустить новое сходство между Марсомъ и землей, такъ какъ и на этой послѣдней южное полушаріе гораздо богаче обширными океанами, чѣмъ сѣверное. Но сходство между обѣими планетами на этомъ и кончается, такъ какъ, если исключить огромный южный океанъ, покрывающій треть поверхности Марса, то вся остальная часть поверхности этой планеты вполнѣ до сѣвернаго полюса занята материками, отдѣленными другъ отъ друга сравнительно небольшими массами воды.

Оттѣнокъ какъ красныхъ, такъ и голубовато-зеленыхъ частей диска Марса никогда не бываетъ сплошь одинаковымъ. Напротивъ того, въ образованіяхъ перваго рода общераспространенный оранжевый оттѣнокъ мѣстами переходитъ въ свѣтло-красный, мѣстами въ желтый и бѣловатый; въ образованіяхъ же втораго рода темный цвѣтъ постепенно переходитъ въ свѣтло-сѣрый. Кроме того окраска пятенъ на Марсѣ почти никогда не бываетъ постоянной; напротивъ того, почти все пятна время-отъ-времени мѣняютъ свой цвѣтъ.

Но самыми загадочными образованіями на поверхности Марса являются вѣсныя тонкія полосы, перерѣзывающія материки по прямому направиленію. Цвѣтъ этихъ образованій гораздо свѣтлѣе цвѣта морей. Наиболье короткія изъ такихъ полосъ простираются приблизительно на 500 километровъ, иныя же достигаютъ длины въ нѣсколько тысячъ километровъ, наконецъ, въ исключительныхъ случаяхъ, онѣ тянутся на разстояніи четверти, а иногда даже и трети диска планеты. Скіапарелли назвалъ эти образованія каналами, не связывая впрочемъ съ этимъ названіемъ представленія, что каналы Марса суть сооруженія, подобныя искусственнымъ каналамъ на нашемъ земномъ шарѣ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ употреблять это слово только въ томъ смыслѣ, какой ему придавалъ самъ Скіапарелли.

\*) Отъ греческихъ словъ: *Ἄρης*—Марсъ, богъ войны, и *γράφω* описываю.

*Переводчикъ.*

\*\*) Такъ какъ астрономическія трубы даютъ обратныя изображенія, то на рисункѣ видная часть диска планеты находится наверху.

Некоторые из этих так называемых каналов были замечены еще Медлеромъ и Дюверномъ, но эти астрономы могли проследить ихъ только на короткомъ протяжении, вследствие чего ихъ свѣтлыя образования остались весьма скудными. Что поверхность Марса пересѣчена дѣлою обширною сетью такихъ каналовъ, это впервые мы узнали благодаря изслѣдованіямъ Скланарелли, такъ какъ по большей части каналы Марса имѣютъ въ ширину только отъ 30 до 40 километровъ, а потому находятся лишь въ редкѣ видности даже при наилучшихъ благоприятныхъ условияхъ, въ которыхъ находится Скланарелли, и представляются въ видѣ необыкновенно тонкихъ ниточекъ, какъ бы натянутыхъ передъ дискомъ планеты.

Каналы всегда впадаютъ въ какое-нибудь море Нервдо въ одной и той же точкѣ, образуется несколько каналовъ въ такомъ случаѣ въ точкѣ пересѣченія образуется темное пятно довольно значительныхъ размѣровъ. Число пересѣкающихся каналовъ въ которыхъ мѣстахъ водитъ до 6, а иногда даже до 8. Такие пересѣкающиеся каналы численно можетъ видеть на помеченныхъ даже рисункахъ 127 и 128, на которыхъ изображены тѣ же мѣста, до сихъ поръ каналы. Но надо имѣть въ виду, что одновременно обнаружено оказалось видны не все каналы, а лишь весьма немногіе изъ нихъ, такъ какъ видѣнія форма и степень видности каналовъ весьма сильно мѣняется въ течение короткаго промежутка времени, причемъ такіе замѣненія наблюдаются въ различныхъ каналахъ одновременно, и весьма часто одни каналы или совокупности ихъ невидимы, или же являются видимы весьма неясно, тогда тѣмъ какъ другіе, свѣдше съ первыми, бываютъ настолько видны, что могутъ быть наблюдаемы въ сравнительно небольшихъ зрительныхъ трубахъ. Поэтому на рисунки 127 и 128 слѣдуетъ смотрѣть лишь какъ на схематическое изображение поверхности Марса на нихъ представлено не то, что можно заразъ видѣть на Марсѣ, а все то, что было замѣчено на поверхности планеты въ течение многихъ лѣтъ послѣ длиннаго ряда весьма трудныхъ наблюдений. Въ популярныя сочиненія при воспроизведеніи подобныхъ рисунковъ до сихъ поръ еще никто не дѣлался указанія на это обстоятельство, вследствие чего у многихъ читателей могъ составить совершенно невярныя впечатлѣнія изслѣдователи поверхности Марса, произведенныя въ повѣдшее время.

Послѣ 1877 года Скланарелли уже несколько разъ обращалъ вниманіе наблюдателя Марса на весьма блестящія точки въ некоторыхъ мѣстахъ поверхности планеты. Это явление, которое бываетъ видимо въ течение болѣе или менѣе продолжительнаго времени, особенно ясно обнаруживается въ южной и северномъ полушаріи планеты въ областяхъ, которыхъ Скланарелли далъ названія Элизія и Темпе. Такия свѣтлыя точки легче всего могутъ быть замѣнены тогда, когда они находятся въ области вращенія планеты, находится вблизи ея края, достигающаго центра планетнаго диска, эти точки почти совершенно исчезаютъ. Послѣ продолжительнаго Марса, имѣлающаго мѣсто въ 1888 году, подобныя свѣтлыя точки на его поверхности обнаруживались также и другими астрономами. Такъ, въ 1890 году астрономомъ Лискомъ обнаружены, а на несколько лѣтъ раньше Нерофану удалось замѣнить на три видѣ, отдаленной отъ южной части Марса отъ неосвѣщенной (§ 58), свѣтлыя точки вблизи которыхъ впадалась въ южную часть планеты и вносили наименованіи своимъ вѣдомъ терминны Лунныхъ горъ и Арзеровъ, когда эти послѣдніе выступаютъ за границу, отдѣляющую освѣщенную часть отъ неосвѣщенной. На образъ свѣтлыхъ рисунковъ, сдѣланныхъ на Лискомъ обсерваторіи 5 и 6 мая 1890 года, эти свѣтлыя образования имѣютъ видъ столбовъ, боковыя ось которыхъ заключаются въ предѣлахъ отъ 1,5 до 2° и вѣроятно возгораются въ линии, отдѣляющей освѣщенную часть отъ неосвѣщенной. Эти образования въ течение нѣсколькихъ дней были видны на одномъ и томъ же мѣстѣ планетнаго диска, которое по рѣшеніямъ Кемпбеля было расположено по соседству съ областью Темпе, тѣмъ какъ мы выше упоминали, Скланарелли неоднократно наблюдалъ свѣтлыя

точки, но во всякомъ случаѣ всегда на освѣщенной части планеты. Свѣтлыя образования, которыя въ июль 1890 года были замѣчены на поверхности Марса Нергономъ и за тѣмъ съ середины июля до начала августа наблюдались также нѣкоторыми астрономами Ликской обсерватори, также проектировались на неосвѣщенную часть планеты, но находились въ южномъ ее полушаріи въ той области, которая на картахъ Складпарелли носитъ название Полюса. Изъ этихъ наблюдений Кемпбелъ вывелъ заключеніе, что разсматриваемыя здѣсь образования суть ни что иное, какъ горныя цѣпи, которыя тянутся въ направленіи приблизительно перпендикулярномъ къ линіи, отдѣляющей освѣщенную часть планеты отъ неосвѣщенной, онъ же вычислилъ, что при сравнительно неогромной высотѣ въ 3000 метровъ проекція такихъ горъ на неосвѣщенную часть планеты действительно могли бы имѣть видъ, вполне согласный съ наблюдениями. Во время оппозиціи 1894 года на Ликской обсерватори на эти свѣтлыя образования было обращено особенное вниманіе, и астрономами этой обсерватори было произведено много соответственныхъ наблюдений и измереній. Эти наблюдения также говорятъ въ пользу гипотезы Кемпбеля, по которой такая образованія представляютъ собою ни что иное, какъ горныя цѣпи.

§ 62. **Измѣненія, происходящія на поверхности Марса.** Сравненіе старыхъ наблюдений Марса съ новыми приводитъ насъ къ важному заключенію (сравни § 59), что вышнія очертанія и распределеніе пятенъ на Марсѣ въ своихъ главныхъ чертахъ остаются неизмѣнными. Но это постоянство никоимъ образомъ не простирается на мельчайшія подробности, какъ это имѣть мѣсто на Лунѣ. Марсъ не представляетъ отрывчатого и, такъ сказать, уже умершаго небеснаго тѣла, подобно Лунѣ, гаснущей тою на его поверхности происходятъ многочисленныя измѣненія, съ одной стороны затрудняющія изученіе вида этой поверхности, а съ другой стороны придающія особенную прелесть этому изученію.

Изъ такихъ измѣненій на первомъ планѣ слѣдуетъ поставить дерзательскія измѣненія, зависящія отъ времени года на Марсѣ. На землѣ замѣтнѣйшимъ изъ періодическихъ измѣненій мы уже указывали раньше это періодическое увеличеніе и уменьшеніе размѣровъ полярныхъ пятенъ. Эти измѣненія при нѣкоторомъ вниманіи наблюдателя могутъ быть замѣчены даже въ небольшія зрительныя трубы и, действительно, были открыты еще В. Гершелемъ въ 1783 году. Но особенно интереснымъ представляется наблюденіе этихъ полярныхъ пятенъ въ сильныя астрономическія трубы, такъ какъ въ такомъ случаѣ можно прослѣдить всѣ мельчайшія подробности этого явленія. Эти пятна около южнаго полюса сначала начинаютъ зазубриваться на своихъ краяхъ, за тѣмъ внутри ихъ появляются какъ бы темныя отверстія и весьма значительные разрывы наконецъ отъ главной массы отдѣляются большія части, которыя постепенно распадаются на болѣе мелкія и въ теченіе короткаго времени совершенно исчезаютъ. Словомъ въ этомъ случаѣ наблюдаются явленія, совершенно подобныя тѣмъ, которыя имѣютъ мѣсто въ низшихъ арктическихъ странахъ.

Наибольшій величина полярныхъ пятенъ достигаютъ три или четыре мѣсяца спустя послѣ зимняго солнцестоянія на соответственномъ полюсѣ, и въ это время они доходятъ до 70° или даже до 65° арктической широты (\*). Съ приближеніемъ лѣта, т. е. также въ теченіе этого послѣдняго лѣтнаго зимняго лѣта происходитъ значительно быстрое и въ гораздо большихъ размѣрахъ, чѣмъ таинѣ полярнаго льда на земномъ шарѣ. Фактъ, каждое лѣто размѣры полярнаго пятна, лежащаго по срединѣ огромнаго южнаго океана, уменьшаются настолько, что по причинѣ весьма экваториальнаго его положенія относительно южнаго полюса этотъ послѣдній лѣтомъ никогда не бываетъ захваченъ полярной шапкой. Въ иные же годы южное полярное пятно совершенно исчезаетъ. Такое его исчезновеніе

(\*). Астрографическій широты и каой-нибудь точки на поверхности Марса вычисляется угловое возвышеніе этой точки надъ экваторомъ этой планеты.

наблюдалось между прочимъ въ 1894 году, когда въ южномъ полушаріи планеты солнцестояніе падало на время противостоянія Марса съ солнцемъ.

Еще болѣе замѣчательныя подробности наблюдаются во время таянія сѣверной полярной шапки. Эта шапка окружаетъ сѣверную полюсъ со всѣхъ сторонъ такъ, что она находится почти въ самомъ центрѣ ея, и она расположена въ обширной области желтаго цвѣта, следовательно въ такой, которую мы считаемъ материкомъ. Во время таянія сѣвернаго полярнаго пятна происходящая отъ этого жидкая масса затопляетъ окрестности на далекое пространство, и материкъ, на которомъ лежитъ это пятно, на время превращается въ море. Въ это время блѣдое полярное пятно представляется намъ окруженнымъ темнымъ пространствомъ, которое все болѣе и болѣе суживается, по мѣрѣ уменьшенія самого пятна. На границахъ этого темнаго пространства появляются раздѣленія въ формѣ темныхъ линии, пересекающихъ окрестности по разнымъ направленіямъ и имѣющихъ видъ каналовъ. Одновременно съ этими нѣкоторыя моря, лежація въ сѣверномъ полушаріи, принимаютъ болѣе темную окраску и потому дѣлаются болѣе замѣтными. Въ то же самое время происходитъ потемнѣніе и расширение многихъ изъ такъ называемыхъ каналовъ, вѣдствие чего они также становятся болѣе доступными для наблюденія. Это продолжается до тѣхъ поръ,

пока площадь полярнаго пятна, вѣдствие таянія, не достигнетъ наименьшихъ размѣровъ: тогда ширина каналовъ опять уменьшается, временное море исчезаетъ, в материковая область желтаго цвѣта снова принимаетъ свой нормальный видъ.

Но болѣе загадочнымъ явленіемъ представляется временное раздвоеніе каналовъ Марса, которое впервые было открыто въ 1882 году миланскимъ астрономомъ Скиапарелли. Однако, наблюдать такое раздвоеніе настолько трудно, что послѣ 1882 года во время нѣсколькихъ оппозицій Марса никто кромѣ

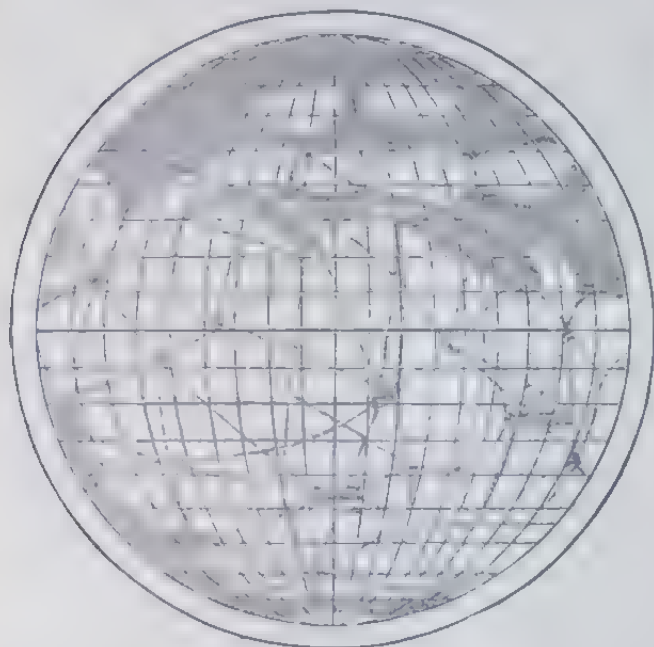


Рис. 127.

Скиапарелли не могъ прослѣдить этого явленія, вѣдствие чего въ теченіе долгаго времени астрономы сомнѣвались въ его реальности и даже считали его не болѣе какъ оптическимъ обманомъ.

Раздвоеніе каналовъ Марса, повидимому, происходитъ обыкновенно около времени равноденствія, т. е. въ такіе мѣсяцы, которые предшествуютъ большому наводненію въ сѣверномъ полушаріи или слѣдуютъ непосредственно за нимъ. Такое раздвоеніе каналовъ всегда происходитъ чрезвычайно быстро, очень часто даже въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. При этомъ главный каналъ по всей своей длинѣ раздѣляется на двѣ темныя полосы, которыя почти совершенно параллельны другъ другу и на всемъ протяженіи имѣютъ одинаковую ширину. Иногда одна изъ этихъ полосъ располагается почти въ точности на мѣстѣ прежняго канала, другая — рядомъ. Но въ большинствѣ случаевъ одна изъ полосъ появляется

вираво отъ прежняго канала, другая — влѣво, и такимъ образомъ обѣ занимаютъ совершенно новыя мѣста на поверхности планеты. Взаимное разстояніе двухъ полосъ, на которыя раздѣляются различные каналы, бываетъ весьма различно: оно мѣняется отъ 600 до 50 километровъ. Последнее изъ этихъ разстояній представляетъ крайній предѣлъ, при которомъ раздвоеніе каналовъ можетъ быть замѣчено при помощи нашихъ астрономическихъ трубъ. Точно также колеблется и ширина полосъ; эти колебанія заключаются въ предѣлахъ отъ 30 до 100 километровъ. Пространство между обѣими полосами имѣетъ по большей части желтую, иногда же бѣловатую окраску. Раздвоеніе никогда не имѣетъ мѣста одновременно для всѣхъ каналовъ, но обыкновенно наблюдается то въ одномъ изъ нихъ, то въ другомъ, причемъ въ последовательности, повидимому, не существуетъ никакого закона. Кроме того, по крайней мѣрѣ до сихъ поръ, такое раздвоеніе было замѣчено еще не для всѣхъ извѣстныхъ каналовъ. Такое раздвоеніе обыкновенно держится въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, послѣ чего обѣ полосы постепенно блѣднѣютъ и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаютъ. На рисункахъ 127 и 128 изображены всѣ извѣстные до сихъ поръ каналы, находящіеся на одной половинѣ поверхности Марса.

При этомъ рис. 127 относится къ тому случаю, когда каналы представляются намъ въ обыкновенномъ своемъ видѣ; на рисункѣ же 128 они изображены раздвоенными. Считаю необходимымъ еще разъ напомнить нашимъ читателямъ, что на рис. 127 и 128 никоимъ образомъ нельзя смотрѣть какъ на изображенія поверхности Марса, соответствующія нѣкоторому определенному моменту: на нихъ только схематически представлены всѣ извѣстные до сихъ поръ каналы и ихъ раздвоенія.

Для полноты слѣдуетъ еще прибавить, что Скиапарелли неоднократно замѣчалъ небольшія бѣлыя пятна, подобныя полярнымъ шапкамъ, также въ странахъ, лежащихъ вблизи экватора Марса; только эти пятна, обыкновенно, быстро исчезали. Точно также Перотану иногда удавалось наблюдать, что цѣлыя полосы на материкахъ становилось на нѣкоторое время гораздо бѣлѣе, чѣмъ обыкновенно, какъ-будто бы въ этихъ мѣстахъ поверхности планеты выпадать свѣжій снѣгъ.

Кроме описанныхъ выше періодическихъ измѣненій, на Марсѣ замѣчены также довольно значительныя измѣненія прогрессивнаго характера. Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ измѣненій такого рода произошло въ пятнѣ, извѣстномъ подъ названіемъ *Lacus solis*. На рисункахъ 129 *a—d* изображено, по наблюденіямъ Скиапарелли, это пятно, какъ оно намъ представлялось во время оппозицій Марса съ солнцемъ въ 1877, 1879, 1881 и 1890 годахъ. Къ этому необходимо прибавить, что Скиапарелли еще въ 1877 году обратилъ особенное вниманіе на это пятно, такъ какъ уже тогда его рисунки значительно уклонялись отъ рисунковъ, сдѣланныхъ Довесомъ, Локьеромъ и Кайзеромъ въ 1862

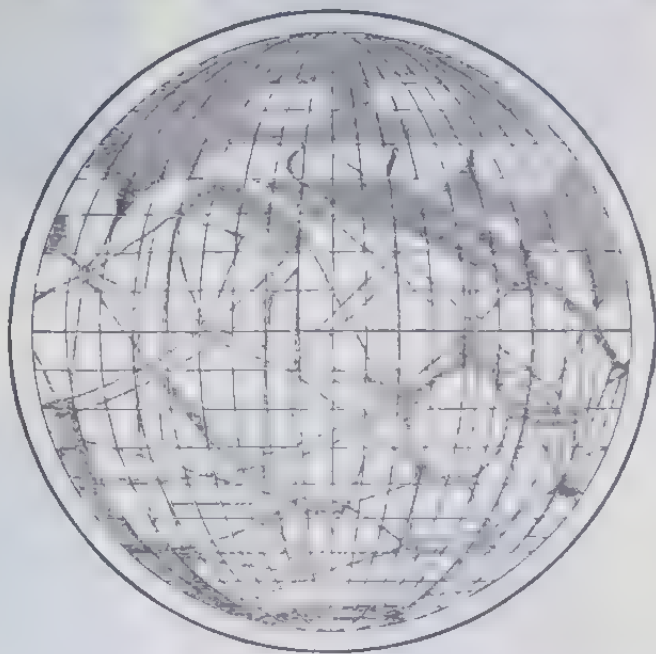


Рис. 128.



и 1864 годах. Оного взгляда на рисунки 129 *a—d* достаточно, чтобы понять, какія сильныя измѣненія происходят съ теченіемъ времени въ этомъ пятнѣ. Такъ, въ 1877 году внутреннее озеро было круглымъ и соединилось съ окружающимъ его моремъ только двумя рукавами. Въ 1879 году прибавился еще третій рукавъ, а въ 1881 году озеро приняло грушевидную форму. Наконецъ, въ 1890 году, помимо всѣхъ другихъ измѣненій, происшедшихъ въ окружающіяхъ это озеро областяхъ, появились еще два новыхъ соединительныхъ канала, и самое озеро раздѣлилось на двѣ части. Кромѣ того, пять всего ландшафта, непосредственно прилегающаго со всѣхъ сторонъ къ этому озеру, въ промежутокъ времени съ 1881 до 1890 года изъ свѣтло-желтаго превратился въ грязныя сѣро-желтыя, какъ будто бы вся эта область покрылась болотомъ. Впрочемъ, принимая во вниманіе все вышесказанное о большихъ наводненіяхъ на Марсѣ, едва ли мы можемъ удивляться только-что описаннымъ измѣненіямъ на поверхности этой планеты: эти измѣненія, напротивъ того, являются естественнымъ слѣдствіемъ такихъ наводненій.

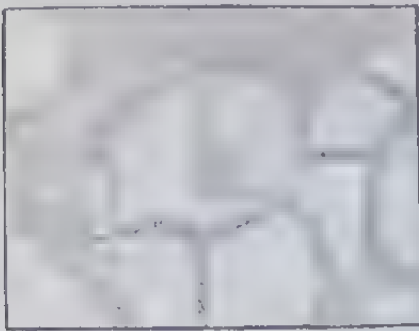


Рис. 129а.

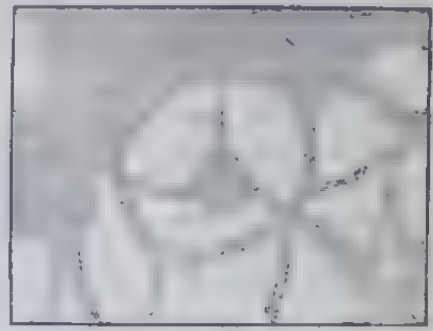


Рис. 129б.

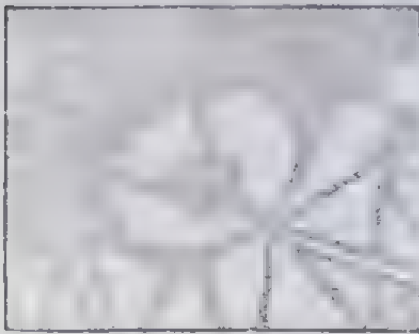


Рис. 129с.

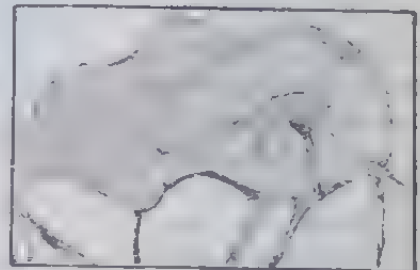


Рис. 129д.

§ 63. **Атмосфера Марса.** Еще Кассини и Ремеръ указывали на то, что слабыя слѣды въ томъ случаѣ, когда Марсъ покрывалъ ихъ при своемъ движеніи среди неподвижныхъ звѣздъ постепенно ослабѣвали въ яркости и, наконецъ, тоже совершенно исчезали раньше, чѣмъ онѣ достигали края планеты. Отсюда эти ученые заключили, что у Марса существуетъ весьма плотная атмосфера. Позднѣйшіе астрономы приняли эту гипотезу съ тѣмъ большимъ жаремъ, что съ ней вполнѣ согласовались наблюдаемыя періодически повторяющіяся измѣненія яркости планеты, и вмѣстѣ съ тѣмъ такимъ образомъ представлялась возможность объяснить ить яркость и ивѣтъ Марса, именно поглощеніемъ свѣта его атмосферой. Однако, въ этомъ противорѣчии съ только-что высказаннымъ предположеніемъ Кассини и Ремера похвѣли въ обнѣденіи Соула (South), который 28 ноября 1832 года, во время покрывтія Марсомъ одной звѣзды,  $S$  и величины, какъ ичеловѣоче ея за тискомъ и аветы.



Д. Гермюэль (1772—1811).



Э. Пикерингъ.



Д. Скиапарелли.



К. Фламмаріонъ.



смотреть исключительно какъ на болѣе или менѣе остроумныя мечтанія. Въ этомъ отношеніи Селки совершенно справедливо замѣтили, что только люди съ весьма узкимъ умственнымъ кругозоромъ могутъ предполагать, что все вселенная устроена по образцу обитаемаго нами крошечнаго, такъ сказать, микроскопическаго міроваго тѣла, и вѣдать, что все небесная свѣтила должны быть населены существами, подобными намъ самимъ, и что, вообще, условія жизни повсюду такія же, какъ и у насъ на землѣ, не можетъ считаться глубоководно-философскимъ. И дѣйствительно, условія жизни, существующія на землѣ, насколько мы можемъ судить по наблюденіямъ, представляютъ лишь исключительный случай. Такъ, имѣя въ виду физическія свойства солнца, неподвижныхъ звѣздъ, кометъ и метеоровъ, совершенно невозможно представить себѣ на этихъ небесныхъ тѣлахъ такую же органическую жизнь, какъ на земномъ шарѣ. Луна, единственное небесное тѣло, находящееся въ такомъ близкомъ разстояніи отъ насъ, что мы съ помощью зрительной трубы можемъ разсмотрѣть на ней мелкія подробности (напр., пятна съ наибольшимъ линейнымъ протяженіемъ отъ 400 до 500 миль), представляетъ собою пустыню, усѣянную крутыми горами и лишенную всего того, что необходимо для органической жизни. На Меркуріи равенство времени вращенія планеты около оси и обращенія ея около солнца создаетъ условія, совершенно несравнимыя съ тѣми, которыя существуютъ на нашей землѣ. Поверхность Венеры до сихъ поръ не изучена нами съ достаточною точностью вѣдѣтіе того, что въ окружающей ее атмосферѣ, повидному, постоянно плаваютъ густыя облака. Что касается до верхнихъ планетъ, начиная съ Юпитера, то онѣ настолько удалены отъ солнца, этого источника всей жизни на нашемъ земномъ шарѣ, что оно уже не можетъ имѣть для нихъ такого значенія, какое имѣетъ для нашей земли. Остается одинъ только Марсъ, который, естественно, въ этомъ отношеніи все болѣе и болѣе привлекалъ къ себѣ вниманіе астрономовъ. Еще В. Гершель, приблизительно 110 лѣтъ тому назадъ, открывъ періодическія измѣненія въ полярныхъ пятнахъ на Марсѣ, высказалъ мнѣніе, что жители этой планеты находятся въ условіяхъ, во многихъ отношеніяхъ весьма сходныхъ съ условіями, господствующими у насъ на землѣ. Когда же въ наше время Скиапарелли открылъ на Марсѣ цѣлую систему западныхъ каналовъ, пропехожденіе которыхъ, благодаря ихъ геометрически правильному расположенію на поверхности этой планеты, съ трудомъ можетъ быть объяснено дѣйствіемъ одной силы природы и которые скорѣе производятъ впечатлѣніе сооружений, построенныхъ разумными существами, авторы популярныхъ астрономическихъ сочиненій, съ Фламмаріономъ во главѣ, безъ дальнѣйшихъ размышленій признали эти каналы за несомнѣнныя планетскія сооруженія жителей Марса, вѣдѣтіе чего многія лица, въ надеждѣ вступить въ сношенія съ людьми, живущими на этой планетѣ, дошли до дикораціональнаго напряженія и назначили въ видѣ преміи большія суммы тому, кто непосредственными наблюденіями несомнѣннымъ образомъ докажетъ бы существованіе подобныхъ намъ людей на какомъ-нибудь небесномъ тѣлѣ. Чтобы выяснитъ, насколько призрачны увлеченія такого рода, стоитъ только указать на то, что даже самые большіе города на земномъ шарѣ, въ родѣ Парижа и Лондона, все еще слишкомъ малы, чтобы наблюдатель, находящійся на Марсѣ, даже при помощи лучшихъ нашихъ астрономическихъ трубъ, могъ замѣтить хотя бы слабый намекъ на существованіе этихъ городовъ. Островъ круглой формы, по величинѣ равный острову Маіорка, или продолговатый островъ такихъ размѣровъ, какъ Критъ или Кипръ, еще могли бы быть доступны для наблюденій съ планеты Марса, но только при продолжительномъ и весьма внимательномъ изученіи поверхности земли. Въ какое затруднительное положеніе были бы поставлены тѣ лица, которыя считаютъ каналы Марса безусловно за сооруженія жителей этой планеты, если бы этимъ лицамъ пришлось отгнѣтнуть на вопросъ: съ какою цѣлью жители Марса проложили водныя пути длиною въ нѣсколько тысячъ километровъ и шириною по крайней мѣрѣ въ 30 километровъ, а то и значительно больше? Поэтому, вмѣсто того, чтобы создавать различныя безплодныя гиппо-

темы, изъ которыхъ ни одна не можетъ имѣть за собой достаточныхъ оснований, лучше всего откровенно сознаться, что въ ближайшемъ будущемъ мы не можемъ надѣяться вывести сколько нибудь близкия къ истинѣ заключенія о природѣ каналовъ и тѣмъ болѣе о весьма загадочномъ явленіи ихъ раздвоенія.

Возвращаясь, послѣ этого отступленія отъ главнаго предмета, снова къ вопросу о жителяхъ или, вѣрнѣе сказать, объ обитаемости Марса, мы, согласно съ тѣмъ, что было сказано въ предыдущихъ параграфахъ, не можемъ не признать, что Марсъ во многихъ отношеніяхъ имѣетъ гораздо болѣе сходства съ нашей землей, чѣмъ какое другое изъ известныхъ намъ небесныхъ тѣлъ. Однако нѣтъ недостатка также и въ различіяхъ между этими двумя планетами. Такъ, напр, солнце нагреваетъ и освѣщаетъ Марсъ, въ дѣйствиіе его болѣе значительнаго разстоянія отъ этого центральнаго свѣтила, такъ не такъ сильно, какъ землю, въ дѣйствиіе болѣе продолжительности времени года на Марсѣ и въ дѣйствиіе болѣе значительнаго эксцентрициста его орбиты разность между средними температурами зимой и лѣтомъ на этой планетѣ гораздо болѣе, чѣмъ на землѣ и т. д. Но такъ какъ органическія существа, населяющія нашу земную шаръ, обладаютъ весьма большой способностью приспособляться къ различнымъ условіямъ и могутъ переноситъ не только налицъ жаръ тропическаго пояса, но также и засухи и холодъ арктическихъ странъ, то вышеупомянутыя различія между двумя планетами едва ли мы можемъ считать настолько существенными, чтобы они могли служить препятствіемъ къ развитію на Марсѣ такой же органической жизни, какъ и у насъ на землѣ. Гораздо болѣе важнымъ въ этомъ отношеніи является различіе въ строеніи атмосферъ Марса и земли: этимъ различіемъ на первой изъ планетъ должны обуславливаться, безъ сомнѣнія, другія формы жизни, чѣмъ на второй.

## ГЛАВА VI.

### Астероиды.

§ 65. Законъ Бодде-Тигіуса. При внимательномъ разсмотрѣнн чиселъ, представляющихъ среднія разстоянія отъ большихъ планетъ до солнца, невольно бросается въ глаза значительныя пробѣлы между Марсомъ и Юпитеромъ, пробѣлы, на которыя указывалъ еще Кеплеръ. Въ самомъ дѣлѣ если измеренное разстояніе отъ Меркурія до солнца принять равнымъ 4, то, вообще, разстоянія отъ различныхъ планетъ до солнца выражаются слѣдующими числами:

П л а н е т а .	Раз- стояніе .	П л а н е т а .	Раз- стояніе .
Меркурій . . . . .	4	Юпитерь . . . . .	52
Венера . . . . .	7	Сатурнъ . . . . .	100
Земля . . . . .	10	Уранъ . . . . .	196
Марсъ . . . . .	16		

Всѣ эти числа могутъ быть получены и въ первомъ по которому закону. Чтобы въ этомъ убѣдиться, стоитъ только предъидущую таблицу переписать въ слѣдующемъ видѣ:

П л а н е т а .	Разстояніе .	П л а н е т а .	Разстояніе .
Меркурій . . . . .	4	Юпитерь . . . . .	4 (3 + 16) = 52
Венера . . . . .	4 + (3 × 1) = 7	Сатурнъ . . . . .	4 + (3 × 32) = 100
Земля . . . . .	4 + (3 × 2) = 10	Уранъ . . . . .	4 + 3 (× 64) = 196
Марсъ . . . . .	4 + (3 × 4) = 16		

Этот ряд чисел обыкновенно называется законом Бодя, хотя еще раньше на него обращали внимание Вольфъ, Гиндусъ и другіе. Числа 2, 4, 8, 16, 32 и 64 представляютъ, какъ всякому извѣстно, первую, вторую, третью, четвертую, пятую и т. д. степени числа 2. Такимъ образомъ въ вышеприведенномъ ряду изъ этихъ степеней неостаеть третьей, иначе говоря, числа 8. Этотъ пробѣлъ давно былъ извѣстенъ астрономамъ, которые потому подозрѣвали, что въ пространство между орбитами Марса и Юпитера обрѣтается около солнца какая-то еще неизвѣстная намъ планета. Впрочемъ, числа вышеприведеннаго ряда не вполне точно представляютъ расстоянія отъ планетъ до солнца. Точнѣе эти расстоянія представляются слѣдующими числами:

4,0 . . . 7,5 . . . 10,3 . . . 15,7 . . . 53,7 . . . 98,6 . . . 198,3

Если бы мы пожелади выразить среднія расстоянія отъ планетъ до солнца въ миллионахъ километровъ, то должны были бы воспользоваться слѣдующимъ рядомъ, вполне аналогичнымъ ряду Бодя:

Планета.	Расстояние въ мил. вкл.	Планета.	Расстояние въ мил. вкл.
Меркурій . . . . .	60	Земля . . . . .	$60 + (40 \times 2) = 140$
Венера . . . . .	60 (40) 100	Марсъ . . . . .	60 (40) 140 220 и т. д.

Въ новѣйшее время многие астрономы на основаніи теоретическихъ соображеній старались отыскать ряды, подобныя ряду Бодя. Такого рода вопросами занимались между прочимъ Фауель, Гауссиль, Лакембахъ, Рождеръ, Троекъ и др.

§ 66 **Открытие первыхъ астероидовъ.** Еще во времена Кеплера астрономы постоянно интересовались тѣмъ пробѣломъ въ нашей планетной системѣ, который существовалъ между Марсомъ и Юпитеромъ, и открытію перваго изъ такъ называемыхъ астероидовъ предшествовало общее стремленіе отыскать на небѣ новую планету, которая по предположенію должна была обращаться около солнца въ пространство между орбитами двухъ упомянутыхъ большихъ планетъ. Съ середины XVIII-го столѣтія къ этому вопросу постоянно возвращались различные астрономы, изъ коихъ мы упомянемъ Вольфа (1754), Гиндуса, Ламберта, Цаха, Вурма и Бодя. Но по аналогіи съ извѣстными уже планетамъ рядъ звездъ шелъ лишь объ одномъ небѣномъ тѣлѣ, которое астрономы надѣялись отыскать, и орбита котораго, по закону Бодя, должна была находиться въ пространстве между орбитами Марса и Юпитера. Ко всему предыдущему слѣдуетъ прибавить, что эти стремленія отыскать новое небесное тѣло собственно не привели къ желанной цѣли, такъ какъ новая планета была замѣчена на небѣ совершенно случайно прежде, чѣмъ начавшееся въ 1800 году систематическое поиски ея увѣнчалось успѣхомъ.

Именно Пизцци уже долгое время была занятъ пересмотромъ прежнихъ звездныхъ каталоговъ и съ этой цѣлью въ каждый ясный вечеръ наблюдалъ много неподвижныхъ звездъ. 1-го января 1801 года, отыскивая на небѣ въ 9 часовъ вечера звезду, находящуюся въ созвѣздіи Гелиа и близкую въ каталогъ Лавайля, онъ замѣтилъ къ западу отъ нея другую весьма слабую звездочку, принадлежащую, по его оценкѣ, къ звездамъ 8-ой величины и, считая ее также за неподвижную, пронаблюдалъ объ эти звезды, причемъ въ этотъ вечеръ новая звездочка не возбудила въ наблюдателя никакого подозрѣнія. Но у Пизцци была весьма похвальная привычка опредѣлять положеніе каждой звезды по нѣскольку разъ, поэтому онъ и въ слѣдующій вечеръ опять навелъ трубу на упомянутыя звездочки. При этомъ оказалось, что ни прямое восхожденіе, ни склоненіе слабой звездочки, полученныя изъ наблюдений второго вечера, не согласовались съ положеніемъ ея, опредѣленнымъ наканунѣ. Сначала Пизцци подозрѣвалъ, что онъ во время одного изъ наблюдений сдѣлалъ ошибку или въ записи моментовъ или въ записи отчетовъ. Однако 3-го января онъ замѣтилъ, что звездочка снова смѣнила свое положеніе, и притомъ смѣненіе, происшедшее въ ея положеніи со 2-го на 3-ье января, почти въ точности равнялось

измѣненію, имѣвшему мѣсто съ 1-го на 2-ое января, такъ что эта звѣздочка, повидимому, обладала совершенно правильнымъ движеніемъ Паблютеція, повторенныя также и 4-го января, вновь подтвердили заключеніе Птацци о движеніи звѣздочки Птацци очень хорошо сдѣлалъ бы, если бы тогда же извѣстилъ ученый миръ о своемъ открытіи съ тѣмъ, чтобы это новое свѣтло возможно было наблюдать также и въ другихъ мѣстахъ, такъ какъ въ Палермо въ распоряженіи Птацци не было достаточныхъ вспомогательныхъ средствъ, съ которыми онъ могъ бы слѣдить за открытымъ небеснымъ тѣломъ въ теченіе возможно болѣе продолжительнаго времени. Но онъ на первыхъ порахъ никому не сообщилъ о своемъ открытіи, вѣроятно, съ цѣлью удержать за собою честь перваго вычисленія орбиты новаго тѣла, и только 24-го января онъ послалъ извѣщеніе объ этомъ открытіи астрономамъ Боде въ Берлинъ и Ориани въ Миланъ. Его письма, отчасти вѣдѣвше годичныхъ почтовыхъ порядковъ въ Европѣ, а отчасти вѣдѣвше войны, которая велась въ лежащихъ на пути странахъ, дошли по назначенію приблизительно только черезъ 3 мѣсяца.

Птацци долгое время колебался, причислить ли открытое имъ небесное тѣло къ числу кометъ, лишенныхъ туманной оболочки, или считать его малой планетой. Боде же тогда же по полученіи извѣстія отъ Птацци въ серединѣ апрѣля въ письмѣ къ Цаху высказалъ убѣжденіе, что наблюдаемая итальянскаго астронома относится къ планетѣ, существованіе которой уже давно подозрѣвалось и которая должна обращаться около солнца въ пространствѣ между орбитами Марса и Юпитера. Цахъ былъ согласенъ съ нимъ въ этомъ вопросѣ; въ такомъ же смыслѣ высказался относительно новаго свѣтла и Ориани.

Но въ это время новая планета настолько близко подошла къ солнцу, что ее уже не могли болѣе замѣтить даже на такихъ обсерваторіяхъ на которыхъ имѣлись средства для наблюденія небесныхъ тѣлъ въ меридианѣ, и, слѣдствіемъ этого, пришлось ограничиться только наблюденіями Птацци, охваченными промежуточное время съ 1-го января по 15-ое февраля. После этого астрономы стали предпринимать всѣ старанія къ возможно точному вычисленію орбиты новой планеты, съ тѣмъ, чтобы можно было слѣдить за нею послѣ того, какъ она выйдетъ изъ лучей солнца, однако эта задача въ то время, какъ это выяснилъ Птацци, была одной изъ самыхъ трудныхъ.

Птацци, которая все еще сомнѣваясь, предпринимала ли собою открытое имъ небесное тѣло комету или планету, предложила назвать его въ томъ случаѣ если бы оно оказалось постояннымъ членомъ нашей солнечной системы. Фердинандовон Церерой въ честь своего короля, но противъ этого названія возстали Лаландъ и Лавласъ Перьянъ изъ нихъ настаивалъ на томъ, чтобы новая планета была названа непременно въ честь Птацци, Лавласъ же, по желанію Наполеона, высказался за то, что въ данномъ случаѣ наиболее подходящимъ является имя Юноны, уже раньше предложенное для новой планеты герцогами Гогскимъ. Это послѣднее названіе между прочимъ указывало бы на близость новой планеты къ Юпитеру. Цахъ, одинъ изъ выдающихся въ то время авторитетовъ въ астрономіи, рѣшилъ однако остановиться на имени Цереры и для обозначенія этой планеты предложилъ особый знакъ, представляющій собою серпъ; впрочемъ по причинамъ, разсмотрѣннымъ ниже, этотъ знакъ впоследствии былъ замѣненъ знакомъ (1).

Отысканіе Цереры послѣ того, какъ она вышла изъ лучей солнца и вновь сдѣлалась доступна для наблюденій, заслуживаетъ болашей славы, чѣмъ открытіе этой планеты; въ самомъ дѣлѣ, это открытіе было дѣломъ простаго случая, и Птацци собственно составилъ себѣ имя въ наукѣ другими, весьма важными работами, хотя лица, не занимающіяся специально астрономіей, съ именемъ Птацци непременно связываютъ именно открытіе Цереры. Определить же положеніе планеты на небесной сферѣ для того времени, когда она опять будетъ доступна для наблюденій, могъ только первоклассный геометръ, такъ какъ въ то время ученіе объ опредѣленіи орбиты какого-нибудь новаго небеснаго тѣла еще совершенно не было разработано. Кеплеръ сдѣлалъ первую попытку опредѣлить элементы орбиты

больших планет на основаніи наблюдений Тихо-Браге, но при этомъ ему были известны времена обращеній планетъ около солнца, что представляло весьма большія выгоды.

Ньютонъ показалъ, что небесныя тѣла могутъ двигаться около солнца не только по эллиптическимъ кривымъ, но вообще по такъ называемымъ коническимъ сѣченіямъ<sup>\*)</sup>, и, согласно съ этимъ, онъ измѣнилъ третій законъ Кеплера такъ, чтобы онъ былъ применимъ также и къ разомкнутымъ кривымъ, по которымъ движется большая часть кометъ. Но успѣхъ, внесенный этими изслѣдованіями въ теорію движенія небесныхъ тѣлъ, не былъ такъ великъ, какъ это казалось съ перваго взгляда. Вслѣдствіе большихъ эксцентриситетовъ кометныхъ орбитъ, вслѣдствіе незначительности лежащей вблизи перигелія дуги, на которой кометы только и доступны для наблюдений, и, наконецъ, вслѣдствіе неизбежныхъ ошибокъ наблюдений, достигающихъ въ этомъ случаѣ довольно большой величины, въ то время весьма легко было смѣшать параболу съ эллипсомъ, да и теперь это еще вполне возможно.

Большая комета 1759 года, получившая названіе Галлеевой въ честь астронома, занимавшагося изслѣдованіемъ ея движенія, составляла въ этомъ отношеніи исключеніе; по эллиптическая кривая, по которой двигалась эта комета, была опредѣлена изъ прежнихъ наблюдений, слѣдовательно при предположеніи, что время обращенія ея около солнца было известно. Для движенія по параболической кривой два элемента можно считать известными, такъ какъ въ этомъ случаѣ большая полуось орбиты дѣлается безконечно большой, а эксцентриситетъ равняется единицѣ. Отдѣльныя попытки перейти отъ параболической кривой, получившейся какъ первое приближеніе при опредѣленіи орбиты кометы, къ эллиптической, по которой комета въ дѣйствительности совершаетъ движеніе, оставались, за единственнымъ исключеніемъ кометы 1770 года, безрезультатными, такъ какъ такой переходъ является возможнымъ лишь въ случаѣ незначительнаго уклоненія одной кривой отъ другой. Для Урана, открытаго въ 1781 году, непригодность параболической орбиты сразу бросалась въ глаза, но для этой планеты сначала было допущено, что орбита ея — круговая, и такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Урана дѣйствительно очень малъ, то затѣмъ легко было перейти и къ эллиптической кривой. Довольно значительная яркость Урана, его медленное движеніе и небольшая наклонность орбиты къ плоскости эклиптики облегчали отысканіе этой планеты послѣ ея соединенія съ солнцемъ.

До начала XIX-го столѣтія никто даже не осмѣливался заняться задачей, которая съ открытíемъ Цереры въ первый разъ по необходимости была выдвинута на очередь и которая состоитъ въ слѣдующемъ: опредѣлить изъ наблюдений, охватывающихъ всего нѣсколько дней, орбиту новаго небснаго тѣла, не задаваясь заранѣе видомъ кривой линіи, по которой это тѣло совершаетъ свое движеніе. Въ то время рѣшеніе этой задачи по многимъ причинамъ считалось невозможнымъ. При такомъ положеніи дѣла легко понять то соединенное со страхомъ напряженіе, которое испытывали тогда все астрономы, опасавшіяся, какъ бы не ускользнуло отъ нихъ вновь открытое небесное тѣло. Дуга, описанная Церерой за тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго ее наблюдали Пиацци, едва достигала 3°; астрономы хорошо понимали, что, пользуясь прежними способами, они совершенно не могли надѣяться снова отыскать этотъ такъ сказать планетарный атомъ, который, по истеченіи года, могъ перевернуться въ противоположную часть небснаго сферы. Къ счастью уже нѣсколько раньше занимался упомянутой выше задачей одинъ изъ величайшихъ умовъ тѣхъ столѣтій, Гауссъ (рис. 130), который тогда жилъ въ Брауншвейгѣ. Въ то время онъ былъ еще совсемъ молодымъ человѣкомъ, 24 лѣтъ отъ роду, но уже прославился на весь мръ какъ авторъ знаменитаго сочиненія «Disquisitiones arithmeticae».

Свои изслѣдованія относительно опредѣленія орбиты новаго небснаго тѣла онъ всла-

\*) Коническими сѣченіями называются окружность круга, эллиптическая, параболическая и гиперболическая кривыя.



долго передъ тѣмъ отложилъ къ сторону за неизмѣннѣмъ подходящаго случая для проверки своего способа на практикѣ въ примѣненіи къ какому-нибудь определенному частному случаю. Такимъ образомъ съ открытіемъ Цереры Гауссу представлялась полная возможность не только окончательно разработать свой способъ, но и испытать его пригодность на практикѣ.

Въ октябрѣ 1801 года онъ принялся за вычисления и вскорѣ послѣ этого сообщить астрономамъ полученные результаты, не изложивъ однако основаніи своего способа. Неслышанная до тѣхъ поръ точность, съ которою вычисленная имъ орбита согласовалась съ первыми наблюденіями Цереры, произведенными открывшимъ ее астрономомъ Штаци, снискала вполне заслуженное довѣріе къ указанному Гауссомъ положенію, которое новое небесное тѣло должно было занимать на небѣ послѣ выхода изъ солнечныхъ лучей, и дѣйствительно Цаху въ первую же ночь, удобную для отысканія планеты, именно 7-го декабря 1801 г., востановилось, на основаніи указаній Гаусса, снова найти ее на небѣ.



Рис. 130.

Открытие Цереры, этого перваго члена группы малыхъ планетъ, составляетъ важную эпоху въ астрономіи. Къ этому случаю весьма подходитъ французское изреченіе: *c'est le premier pas qui coûte*, и притомъ не столько по тому, что благодаря этому открытію намъ сдѣлался извѣстенъ первый изъ астероидовъ (тогда еще никто не подозрѣвалъ, что существуетъ цѣлый классъ небесныхъ тѣлъ, обращающихся около солнца въ промежуткѣ между орбитами Марса и Юпитера), сколько по тому главнымъ образомъ, что Гауссъ, побуждаемый этимъ случаемъ, далъ астрономамъ средство не выпускать изъ рукъ открытій такого рода, такъ какъ безъ разработаннаго Гауссомъ весьма замѣчательнаго способа опредѣленія орбитъ новыхъ небесныхъ тѣлъ не только это открытіе, но также и всѣ слѣдующія, ему подобныя, легко могли бы быть снова потеряны.

Переходя къ открытію втораго астероида, названнаго Палладой, мы прежде всего Тайны неба.

тожны обратить вниманіе на ту осторожность, съ которою знаменитый Ольберсъ сообщилъ объ этомъ открытіи, сдѣланномъ имъ исключительно благодаря счастливой случайности 28 марта 1802 года онъ наблюдалъ Цереру и совсѣмъ близко отъ нея замѣтилъ звѣзду седьмой величины, относительно которой навѣрное могъ сказать, что раньше ея не было въ этой очень хорошо извѣстной ему части неба. Вскорѣ оказалось, что эта звѣздочка имѣетъ собственное движеніе, и хотя, вообще, обстоятельства, сопровождавшія это открытіе, были во многихъ отношеніяхъ сходны съ тѣми, которыя раньше сопровождали открытіе Цереры, однако самъ Ольберсъ, а вмѣстѣ съ нимъ и другіе астрономы, опять долгое время затруднялись окончательно рѣшить, представляетъ ли собою новое тѣло кометы или планету: весьма большая наклонность орбиты этого тѣла къ плоскости эклиптики позволяла думать, что это была комета, лишенная туманной оболочки. Къ счастью орбита Цереры въ это время была опредѣлена уже вполне надежно; въ противномъ случаѣ затрудненіе могло бы увеличиться еще вѣдѣтвіе того, что второй вновь открытый астероидъ легко могъ бы быть принятъ за Цереру. Всякія сомнѣнія относительно того, слѣдуетъ ли считать Палладу кометою или планетою, были разсѣяны опять Гауссомъ, который показалъ, что Паллада совершенно такая же планета, какъ и Церера. Имя вновь открытой планетѣ было дано самимъ Ольберсомъ.

Съ открытіемъ Паллады измѣнилось мнѣніе астрономовъ относительно того пробѣла, который существовалъ въ планетной системѣ между Марсомъ и Юпитеромъ. Прежде предполагали, что въ этомъ промежуткѣ обращалось около солнца только одно небесное тѣло; теперь же, по необходимости, пришли къ предположенію, что такихъ тѣлъ существуетъ, можетъ-быть, нѣсколько. В. Гершель, который все еще не могъ освободиться отъ мысли, что эти тѣла не представляютъ собою собственно планетъ, а занимаютъ среднее мѣсто между кометами и планетами, предложилъ для всей группы такихъ тѣлъ общее названіе: сначала «аратовъ»\*), такъ какъ ихъ нельзя видѣть невооруженнымъ глазомъ, а затѣмъ — астероидовъ\*\*), такъ какъ они по своему виду напоминаютъ неподвижныя звѣзды. Последнее названіе мало-по-малу вошло во всеобщее употребленіе, хотя оно, совершенно такъ же, какъ и другія предложенныя впоследствии различными лицами названія (планетоиды, малыя планеты и т. д.), совсѣмъ не указываетъ на единственный дѣйствительно отличительный признакъ этихъ небесныхъ тѣлъ, именно на ихъ положеніе между орбитами Марса и Юпитера. Вполнѣ было бы подходящимъ въ этомъ случаѣ предложенное К. Литровымъ названіе «денаренды»\*\*\*), и едва ли удастся избѣжать этого или ему подобнаго названія, если когда-нибудь будетъ открыта подобная же группа планетъ въ другой области нашей солнечной системы.

Сходство орбитъ Цереры и Паллады, а также то обстоятельство, что кривыя, описываемыя обѣими планетами, въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ небесной сферы подходятъ весьма близко одна къ другой, наводило Ольберса на остроумную мысль, что эти планеты представляютъ, можетъ-быть, осколки одной большой планеты. Справедливо ли такое воззрѣніе, или нѣтъ, но оно во всякомъ случаѣ принесло наукѣ пользу тѣмъ, что побудило астрономовъ къ новымъ поискамъ. Гардингъ, который въ то время былъ наблюдателемъ на принадлежавшей прежде Шрегеру обсерваторіи въ Лиліенгалѣ около Бремена, занялся составленіемъ точныхъ звѣздныхъ картъ и такимъ образомъ вступилъ на путь, который впоследствии, послѣ нѣкоторыхъ, правда, несущественныхъ видоизмѣненій, далъ весьма обильные плоды. Теперь уже нельзя было назвать дѣломъ простаго открытіе, сдѣ-

\*) Это слово взято съ греческаго языка и состоитъ изъ приставки *ἀ-*—не и слова *βραχ*—вижу.

*Переводчикъ.*

\*\*) Отъ греческаго слова *ἀστὴρ*—звѣзда.

*Переводчикъ.*

\*\*\*) Отъ греческихъ словъ *Ζεύς* (род. пад., употребляемый въ поэзии, *Ζεῦς*)—Юпитеръ и *Ἄρης*—Марсъ.

данное Гардинггомъ, когда онъ, сравнивая свои карты съ небомъ, замѣтилъ 1 сентября 1804 года въ созвѣздіи Рыбъ звѣзду отъ 7-ой до 8-ой величины, которой раньше не было въ этомъ мѣстѣ и которую онъ тотчасъ же призналъ за новую планету, третью изъ группы астероидовъ. Орбита новой планеты пересѣкала плоскость орбиты Цереры недалеко отъ того мѣста, гдѣ орбиты первыхъ двухъ астероидовъ также весьма близко подходили другъ къ другу, что самымъ замѣчательнымъ образомъ согласовалось съ гипотезой Ольберса и что естественнымъ образомъ послужило къ широкому распространению этой гипотезы. Еще до открытія этой планеты, герцогомъ Готскимъ Эристомъ было предложено для слѣдующаго члена разсматриваемой здѣсь группы планетъ названіе Геры; Ольберсъ, признавая это имя царицы боговъ вполнѣ подходящимъ для вновь открытаго небеснаго тѣла, только переимѣнилъ греческое имя на латинское и назвалъ новую планету Юноной. Гауссъ ко всеобщему удивленію опять съ необычайною точностью вычислилъ орбиту Юноны изъ первыхъ ея наблюденій, едва охватившихъ 14 дней.

Обращеніе Юноны, повидимому, самымъ блестящимъ образомъ подтвердило гипотезу Ольберса, которая вследствие этого въ то время пустила глубокие корни (въ дѣйствительности же она, какъ оказалось въ новѣйшее время, совершенно несомнительна). Ольберсъ, исходя изъ того взгляда, что всѣ планеты этой группы, которыя въ будущемъ могли бы быть открыты, подобно первымъ 3 астероидамъ, должны одинъ разъ въ теченіе полнаго оборота около солнца проходить черезъ созвѣздія Дѣвы и Кита, открылъ 29 марта 1807 года въ первомъ изъ названныхъ созвѣздій еще одну новую планету, которой, по его желанію, было дано имя Весты. Гауссъ опять въ самое короткое время вычислилъ ея орбиту и вскоре послѣ этого въ своемъ безмерномъ сочиненіи: «*Theoria motus corporum coelestium*» опубликовалъ въ окончательномъ видѣ свой превосходный способъ опредѣленія орбитъ вновь открытыхъ небесныхъ тѣлъ.

Веста, это—самая яркая изъ извѣстныхъ до сихъ поръ малыхъ планетъ, и по изслѣдованіямъ Хейса оказывается, что ее иногда можно видѣть даже невооруженнымъ глазомъ. Фогель думаетъ, что ему удалось при помощи спектральныхъ наблюденій замѣтить даже слѣды атмосферы у этой планеты.

§ 67. Второй періодъ въ исторіи открытій астероидовъ. Какъ какъ Гардингъ и Ольберсъ, какъ это было весьма извѣстно, несмотря на самые тщательные поиски въ теченіе весьма продолжительнаго времени, не могли открыть болѣе ни одного астероида кромѣ гѣхъ, о которыхъ уже было упомянуто выше, то, вполнѣ естественно, стало мало-по-малу распространяться мнѣніе, что астероидовъ, кромѣ открытыхъ, болѣе совсѣмъ не существуетъ. Ольберсъ съ полною опредѣленностью заявилъ, что въ той области неба, въ которой онъ производилъ розыски, въ промежутокъ времени съ 1808 по 1816 годъ онъ не видѣлъ ни одной новой планеты. Послѣ этого на нѣкоторое довольно продолжительное время розыски новыхъ планетъ были совершенно прекращены. Только тогда, когда, по предложенію Бесселя, Берлинская Академія предприняла въ 1825 году изданіе точныхъ звѣздныхъ картъ экваторіальной полосы неба, многіе снова обратили вниманіе на этотъ сравнительно легкий способъ составлять себѣ имя въ науку. Вместе съ гѣмъ распространеніе хорошихъ трубъ дало возможность наблюдать несравненно болѣе слабыя звѣзды, чѣмъ раньше, и, вообще, такого рода изслѣдованія сдѣлались вполнѣ доступными также для любителей астрономіи. Одинъ изъ такихъ страстныхъ любителей, Генке въ Дрезенѣ, самъ составилъ въ увеличенномъ масштабѣ звѣздныя карты нѣкоторыхъ частей неба и, время-отъ-времени, сравнивалъ ихъ съ небомъ. Такимъ образомъ онъ, послѣ 15-лѣтней работы, открылъ наконецъ въ 1845 году съ помощью берлинской карты новую планету, которую Энке назвалъ Астреей. Въ слѣдующемъ 1846 году совершенно инымъ путемъ было сдѣлано знаменитое открытіе Пестуна. А загѣмъ Генке, менѣе чѣмъ черезъ 2 года послѣ первого своего от-

кратия, именно 1-го июля 1847 года, снова при помощи берлинской карты, открыл еще новую планету из группы астероидов, которую Гаусс предложил назвать Гебой.

Через несколько недель после этого Хиндъ, астрономъ частной обсерватории Бишопа въ Лондонѣ, обогатилъ группу малыхъ планетъ еще однимъ новымъ членомъ, открытую имъ планету онъ назвалъ Иридой. Съ этого момента началось систематическое исследование неба съ цѣлью отысканія новыхъ астероидовъ. Оно было предпринято самимъ Хиндомъ, который своимъ первымъ открытиемъ былъ обязанъ опять-таки берлинскимъ картамъ. Начатое по почину Хинда исследование неба вкорѣ принято такіе грандіозные размѣры, что съ тѣхъ поръ годы, въ которые не было бы открыто нѣсколько новыхъ астероидовъ, являлись лишь рѣдкимъ исключеніемъ. Хиндъ и Фальцъ, директоръ обсерватории въ Марсели, почти одновременно напали на счастливую мысль, что для подобной цѣли нѣтъ необходимости пользоваться картами, на которыхъ изображены поля значительной ширины (берлинскія карты охватывали по склоненію 30°), и такъ какъ всякое небесное тѣло, совершающее свое движеніе вокругъ солнца, два раза въ теченіе полнаго оборота около него проходитъ черезъ плоскость эклиптики, то совершенно достаточно слѣдить за звѣздами, лишь незначительно удаленными къ северу или югу отъ этой плоскости.

И действительно, нетрудно понять, что, обращая свое вниманіе постоянно только на эту узкую и потому легко доступную для изслѣдованія полосу неба, астрономы мало-помалу могли бы открыть весь неизвѣстный до тѣхъ поръ планетъ. Небольшая площадь картъ, представляющихъ такую узкую полосу, давала возможность нанести на нихъ все звѣзды, доступныя астрономическимъ трубамъ средней величины, а черезъ это значительно увеличивалась вѣроятность натолкнуться на новое небесное тѣло. Хиндъ первый составилъ такіе карты, и послѣдовавшія въ скоромъ времени многочисленныя открытія самымъ нагляднымъ образомъ подтвердили справедливость вышеизложенныхъ разсужденій. Пока карты Хинда еще не были готовы, онъ пользовался берлинскими картами, на которыхъ нанесъ еще нѣкоторыя болѣе слабыя звѣзды, и такимъ образомъ всего только черезъ два мѣсяца послѣ открытія Ириды подарилъ астрономамъ новую планету, которую Д. Гершель уже заранѣе, въ ожиданіи дальнѣйшаго скорого обогащенія нашей планетной системы, предложилъ назвать Флорой. Для каждаго изъ открытыхъ ранѣе астероидовъ, кромѣ собственнаго имени, было придумано астрономами также особыя знакъ, главнымъ образомъ, съ цѣлью сокращенія письма. Знакъ, придуманный для Флоры, представлялъ собою цвѣтокъ и, хотя онъ былъ принятъ всеміи безъ всякихъ возраженій, однако на самомъ дѣлѣ былъ настолько сложенъ, что тогда же у многихъ явилось сомнѣніе, вообще, въ пользѣ такихъ знаковъ для астероидовъ. Это сомнѣніе все болѣе и болѣе разрасталось по мѣрѣ того какъ, съ теченіемъ времени, открывались новые астеронцы, для которыхъ предлагались все болѣе и болѣе сложные знаки. Наконецъ, въ 1852 году, который ознаменовался особенно большимъ числомъ открытій астероидовъ, явилась настоятельная необходимость ввести какое-нибудь болѣе цѣлесообразное обозначеніе для этихъ небесныхъ тѣлъ. Американскій астрономъ Гульдъ и Р. Вольфъ изъ Цюриха предложили пользоваться для обозначенія астероидовъ кружочками съ помѣщенными внутри номерами, показывающими хронологическій порядокъ открытія данной планеты. Это предложеніе оказалось весьма практичнымъ, и въ скоромъ времени такой способъ обозначенія вошелъ во всеобщее употребленіе, причемъ сначала онъ былъ примененъ только къ Астреѣ и ко всемъ послѣдующимъ астероидамъ, а впоследствии былъ распространенъ и на первые четыре астероида (Цереру, Палладу, Юнону и Весту), для которыхъ, конечно, были сохранены первые четыре номера: (1), (2), (3), (4). Сообразно съ этимъ, для Астреѣ Гебы, Ириды, Флоры и другихъ позже открытыхъ астероидовъ были приняты обозначенія (5), (6), (7), (8) и т. д.

Здѣсь мы считаемъ умѣстнымъ сказать нѣсколько словъ о названныхъ астероидовъ.

Когда, въ началѣ XVIII столѣтія были открыты первые астеронцы и когда за тѣмъ, по

истечении довольно продолжительнаго промежутка времени, началась, съ открытіемъ Астры въ 1845 году, новая эпоха, ознаменовавшаяся весьма быстрымъ увеличеніемъ числа членовъ этой группы планетъ, на каждое новое открытіе такого рода смотрѣли какъ на весьма важное астрономическое событіе и не меньшую важность придавали выбору собственныхъ именъ для вновь открытыхъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому пригодность предлагавшихся различныхъ лицами именъ подробно обсуждалась въ специальныхъ журналахъ, и только послѣ такихъ обсужденій астрономы останавливались на томъ или другомъ имени. Наибольше выдающіеся астрономы устанавливали условия, которымъ должны были удовлетворить названія, дававшіеся новымъ планетамъ. Такъ, напр., Д. Гершель настаивалъ на томъ, чтобы въ именахъ планетъ по возможности дѣлались указанія на то мѣсто, гдѣ было сдѣлано открытіе. Сообразно съ этимъ принципомъ были даны названія, между прочимъ, слѣдующимъ астероидамъ:

№ астероида	Названіе.
11	Паргенопа (=Неаполь).
20	Массалия.
21	Лютеція.
41	Немауза (=Низмесь).
138	Толоза.

№ астероида.	Названіе.
142	Полапа (=Пола).
247	Веринья (=Веринья)
231	Виндобона.
228	Гейдельберга.

Нѣкоторыя планеты получили свои названія отъ той страны или даже отъ той части свѣта, къ которымъ принадлежить мѣсто ихъ открытія. Нѣкоторые изъ такихъ астероидовъ помѣщены въ нижеслѣдующей табличкѣ:

№ астероида.	Названіе.
52	Европа.
67	Азія.
68	Авзонія (=Италія).
156	Австрія

№ астероида.	Названіе.
148	Галлія.
183	Истрія.
211	Германія.
332	Батенія

Къ этому же разряду можно, пожалуй, отнести планеты 237 и 253, изъ которыхъ первая получила названіе Силезія, а вторая Ошави (=Троппау), причемъ этими названіями имѣлось въ виду указать страну и городъ, гдѣ родился Пализа, открывшій эти планеты. Подобнымъ же образомъ планета 263 была названа Дреддой, съ цѣлью указанія города, въ которомъ жилъ астрономъ, давшій ей имя, и т. д.

Съ другой стороны, высказывалось также желаніе, чтобы имена, даваемые астероидамъ, указывали на тѣ или другія замѣчательныя событія, современныя открытію этихъ небесныхъ тѣлъ, или, вообще, на обстоятельства, сопровождавшія открытіе. На основаніи такихъ соображеній, повидимому, получили свои названія слѣдующія планеты:

- 1) 28 Беллона, въ воспоминаніе о воинственномъ времени, съ которымъ связано ея открытіе;
- 2) 58 Пандора, какъ бы съ цѣлью указанія на тогдашнія политическія осложненія, особенно въ Америкѣ;
- 3) 108 Конкордія, въ воспоминаніе о томъ, что въ то время въ Европѣ неожиданнымъ образомъ явились надежды на миръ.

Подобнымъ же образомъ планета 72 получила названіе Феронія, въ воспоминаніе о тогдашнихъ событіяхъ въ сѣверной Америкѣ и въ честь древнеиталійскаго божества, въ храмъ котораго въ Пренестѣ было провозглашено освобожденіе рабовъ. Точно также въ именахъ Либератриксъ, Велида и Иоанна, которые братья Анри въ Парижѣ дали открытымъ ими планетамъ (125, 126 и 127), безъ труда можно усмотрѣть, въ первомъ намекъ на совер-

шившееся въ то время освобожденіе Франціи отъ непріятельской оккупации, во второмъ указаніе на связанную съ этимъ событіемъ мысль объ огмненіи и въ третьемъ воспоминаніе о Жаннѣ д'Аркт. Наконецъ Петерсъ двѣ планеты, открытыя имъ въ первую же ночь послѣ благополучнаго возвращенія изъ экспедиціи, снаряженной въ Южный океанъ въ 1874 году для наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ, назвалъ первую Вибиллей, въ честь боини отъѣзжающихъ, вторую Атропой въ честь боини прибывающихъ.

Изъ остальныхъ довольно многочисленныхъ именъ, которыя принадлежатъ къ этой категоріи и которыя должны напоминать намъ о различныхъ событіяхъ, мы укажемъ здѣсь еще на одно: планета (373) была открыта за нѣсколько часовъ до смерти императора Вильгельма I, и потому берлинскіе астрономы весьма остроумно предложили назвать ее именемъ царицы Атропы.

Вообще же астрономы согласились заимствовать имена для астероидовъ изъ классической древности и рѣшили, по возможности, избѣгать такихъ именъ, въ которыхъ можно было бы видѣть намекъ на преклоненіе передъ какимъ-нибудь лицомъ, на л с т ь и т. п. Въ этомъ направленіи впечатлѣлась такая строгость, что американскіе астрономы планетъ (12), открытой Хиндомъ, черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ ея открытія дали имя Кло вмѣсто предложеннаго самимъ Хиндомъ имени Викторін, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ они усмотрѣли преклоненіе передъ королевой Викторіей. При быстромъ увеличеніи числа астероидовъ астрономамъ мало-по-малу приходилось быть въ этомъ отношеніи поперекъ мнѣе разборчивыми. Такъ, имя Евгеній, которое Гольдшмидтъ далъ открытой имъ планетѣ (45), было принято почти безъ возраженій, несмотря на то, что въ этомъ случаѣ преклоненіе передъ французской императрицей было очевидно. Точно также въ концѣ концовъ было принято, правда послѣ продолжительнаго спора, имя Александры для планеты 34, которую Муаньо предложилъ такъ назвать въ честь Гумбольдта. Напротивъ того, Штейнгейль не могъ оглодать своего предложенія назвать планету (6.) Максимилианой въ честь баварскаго короля Максимилиана, и для указанной планеты вмѣсто этого имени мало-по-малу вошло во всеобщее употребленіе предложенное берлинскими астрономами имя Цибыллы Вавельдетвья, особенно съ тѣхъ поръ какъ американскіе астрономы стали въ большомъ числѣ открывать малыя планеты, имена для нихъ заимствовались не изъ одной только классической древности, но вообще, изъ мифологій и историческихъ легендъ различныхъ народовъ, и это не вызывало никакихъ возраженій. Когда же по почину братьевъ Апри сталъ мало-по-малу распространяться обычай давать астероидамъ обыкновенныя женскія имена, не заимствованныя изъ мифологій, то противъ этого сначала сильно возстали многія лица и въ особенности нѣмецкіе астрономы, но, надо сознаться, безъ всякаго успѣха. Да это и вполне понятно, такъ какъ съ увеличеніемъ числа астероидовъ все чаще приходилось брать изъ мифологій грековъ и римлянъ такія имена, о носительницахъ которыхъ нельзя было найти никакихъ свѣдѣній даже въ болѣе обширныхъ трактатахъ по мифологии. Гораздо менѣе понятно, почему покровитель охоты Губертъ на небесной сферѣ обратился въ покровительницу охоты. Точно также, изъяснить, только незнаемъ духа славянскихъ ирѣчій слѣдуетъ объяснить то обоготвореніе, что имя Дембовскаго было вмѣщено на Дембовска, и, такимъ образомъ, честь была оказана не знаменитому астроному, а скорѣе его супругѣ. Въ концѣ же концовъ дѣло дошло до того, что, напр. планету (28) назвали Амвролей и тѣмъ самымъ увѣковѣчили на небѣ имя боговъ; планетѣ (29) дано имя Адофи, и такимъ образомъ, она всегда будетъ намъ напоминать о лепешкахъ изъ меда и соли, которыя римляне приносили въ жертву своимъ богамъ; планета (32) получила имя Фео, какъ бы для увѣковѣченія тибета кабула, который жилъ недалеко отъ Коринта; имя Горюши, данное планетѣ (36), сохранило намъ на небѣ на вѣчныя времена воспоминаніе о гордѣвомъ устѣ. Далѣе, названіе Люменъ, данное планетѣ (44), есть ни

что иное, как заглавіе книги: планета (132) была названа Аталой, въ честь героини романа и т. д. Все эти названія, какъ справедливо замѣтилъ Р. Вольфъ, представляютъ не болѣе, какъ сатиру на самый обычай давать собственныя имена астероидамъ, число которыхъ постоянно быстро увеличивалось. Поэтому можно только приветствовать замѣченное въ последнее время стремленіе астрономовъ вообще совсѣмъ не давать малымъ планетамъ собственныхъ именъ, стремленіе, которое съ примѣненіемъ фотографіи къ отысканію новыхъ астероидовъ стало все болѣе и болѣе распространяться.

Прежде чѣмъ перейти къ вопросу о дальнѣйшихъ открытіяхъ астероидовъ, мы должны предупредить читателей, что въ нижеслѣдующемъ изложеніи мы не будемъ перечислять всѣхъ отдѣльныхъ астероидовъ, но будемъ останавливаться только на тѣхъ изъ нихъ, которые заслуживаютъ особаго интереса или благодаря обстоятельствамъ, сопровождавшимъ ихъ открытіе, или же по какимъ-нибудь другимъ причинамъ. Что же касается всѣхъ остальныхъ астероидовъ, то свѣдѣнія о нихъ читатели могутъ найти въ таблицахъ, помещенныхъ въ концѣ книги. Въ этихъ таблицахъ заключаются какъ элементы астероидовъ, такъ и указанія на то, когда и кѣмъ данная планета была открыта.

Приблизительно черезъ полгода послѣ Флоры была найдена Метидя: открылъ ее, а также далъ ей имя Грахамъ, наблюдатель на обсерваторіи Кулера въ Маркри-Кастелъ. Черезъ годъ послѣ этого, именно 12 апрѣля 1849 года, Гаспарисъ, который тогда былъ ассистентомъ, а впоследствии сдѣлался директоромъ обсерваторіи въ Неаполѣ, сравнивая съ небомъ одну изъ берлинскихъ академическихъ картъ, открылъ новую планету Гигіюю. Въ лицѣ Гаспариса астрономическій міръ приобрѣлъ, такъ сказать, ловца малыхъ планетъ, такъ какъ благодаря его стараніямъ приблизительно въ теченіе десяти лѣтъ число этихъ небесныхъ тѣлъ увеличилось еще на 10.

Планета (14), получившая имя Ирены, представляетъ собою первый астероидъ, который былъ открытъ двумя астрономами независимо другъ отъ друга и почти одновременно: Хиндъ замѣтилъ его 19 мая, а Гаспарисъ 23 мая 1851 года. Точно также планета (16), названная Пенхей, была открыта тѣми же самыми двумя астрономами опять независимо другъ отъ друга, но на этотъ разъ Гаспарисъ опередилъ Хинда, хотя послѣдній собственнo шелъ, такъ сказать, по ея слѣду, начиная еще съ 25 января 1852 года, т. е. за три мѣсяца до ея открытія. Именно, въ этотъ день Хиндъ нанесъ на свою карту звѣздочку 11-ой величины, но когда онъ 18 марта получилъ первый оттискъ этой карты и сравнилъ его съ небомъ, то онъ уже не нашелъ на указанномъ мѣстѣ вышеупомянутой звѣздочки. Затѣмъ, 19 марта, было пасмурно, а 20 марта, когда онъ могъ возобновить свои наблюденія, онъ снова замѣтилъ звѣздочку 11-ой величины въ такомъ мѣстѣ неба, гдѣ прежде никакой звѣзды не было. Дальнѣйшія свои изысканія въ этомъ направленіи онъ хотѣлъ отложить до болѣе темныхъ ночей во время новолунія, но, прежде чѣмъ ему удалось приступить къ новымъ изслѣдованіямъ, онъ получилъ извѣстіе, что Гаспарисъ въ этой звѣздочкѣ еще 17 марта призналъ новую малую планету. Съ этихъ поръ нерѣдко стали повторяться неслыханные ранее примѣры одновременнаго открытія новой планеты двумя наблюдателями.

Метидя, найденная недалеко отъ Флоры, была открыта Робертомъ Лютеромъ, директоромъ обсерваторіи, основанной Бенценбергомъ въ Билль около Дюссельдорфа и по завѣщанію владѣльца перешедшей къ только-что названному городу. Лютеръ съ полнымъ правомъ можетъ быть названъ открывателемъ планеты *ex professo*, такъ какъ благодаря его стараніямъ въ теченіе слѣдующихъ 15 лѣтъ группа астероидовъ обогатилась 20 новыми членами. Но послѣ этого число открываемыхъ имъ малыхъ планетъ сразу сильно уменьшилось; это объясняется тѣмъ, что при постепенномъ уменьшеніи яркости вновь открываемыхъ астероидовъ онъ, при своихъ скромныхъ вспомогательныхъ средствахъ, могъ открывать только исключительно яркія планеты.

Шакорнакъ еще 9 сентября 1852 года нанесъ, пока въ видѣ неподвижной звѣзды планету (20) на одну изъ эклиптикальных картъ, которая онъ чертилъ въ то время въ Марсели подъ руководствомъ Фальца, и составленіе которыхъ впоследствии онъ протолкалъ на парижской обсерваторіи: 29 сентября онъ призналъ въ этой звѣздочкѣ новую планету. Но въ этомъ открытіи его опередилъ на одинъ день Гаспарисъ. Фальцъ, прежде чѣмъ до него дошло вѣстие объ открытіи Гаспариса, предложилъ, следуя принципѣ Гершеля, назвать эту планету Массалей; это названіе было принято также и Гаспарисомъ, хотя раньше онъ имѣлъ въ виду дать ей другое имя, именно имя Фемиды.

Планета (21), названная Лютецей, представляетъ первое открытіе одного любителя астрономіи, живописца историческихъ картинъ Гольдшмидта въ Парижѣ. Послеъ этого онъ до самой своей смерти, которая послѣдовала 10 сентября 1866 года, почти ежегодно дарилъ астрономическому миру по нѣскольку новыхъ астероидовъ. Въ ночь, слѣдующую за открытіемъ Лютецы, Хиндъ открылъ планету (22), которая была названа Каллионой. Это было первое открытіе, сдѣланное Хиндомъ при помощи имъ самимъ составленныхъ вышеупомянутыхъ картъ, которыми онъ былъ обязанъ, впрочемъ, открытіемъ еще только трехъ астероидовъ, такъ какъ онъ вскоре послѣ изготовленія этихъ картъ покинулъ обсерваторію Бишона, чтобы принять на себя руководство издашемъ англійскаго ежегодника «Nautical Almanac». Всего же Хиндъ открылъ 10 астероидовъ.

Планета (23), которой Секки далъ имя Фемиды, уже раньше предлагавшееся открытіймъ ее Гаспарисомъ для Массали, въ видѣ звѣзды была нанесена на карту Шакорнакомъ еще 8 апрѣля 1853 года; 15 апрѣля, при вторичномъ сравненіи карты съ небомъ, Шакорнакъ не нашелъ этой звѣзды на соответствующемъ мѣстѣ, планету же онъ въ ней призналъ только послѣ того, какъ до него дошло извѣстіе объ ея открытіи, сдѣланномъ въ Неполь 5 апрѣля. Послеъ открытія Фемиды въ слѣдующую же ночь Шакорнакъ открылъ планету (25), получившую названіе Фокеи, и только съ этого момента онъ собственно вступилъ въ ряды открывателей малыхъ планетъ, такъ какъ раньше онъ оба раза былъ опереженъ въ своихъ открытіяхъ Гаспарисомъ.

Планеты (28 и 29) названныя соответственно Беллою и Амфитритой, представляютъ первый примѣръ двухъ планетъ, открытыхъ въ одну ночь различными наблюдателями, такъ что въ этомъ случаѣ необходимо было знать также и часъ открытія для рѣшенія вопроса, которая изъ планетъ была открыта раньше, и, слѣдовательно, для правильного выбора знаковъ для этихъ планетъ. Замѣчательно, что Амфитрита днемъ позже совершенно независимо была снова открыта въ Оксфордѣ Норманомъ Погономъ, который также составлялъ для этой цѣли звѣздныя карты; наконецъ 3 марта 1854 г. она была открыта въ трети разъ Шакорнакомъ, который въ это время былъ уже помощникомъ въ Парижской обсерваторіи. Послеъ этого неоднократно повторялись случаи, когда въ одну и ту же ночь различными наблюдателями открывались двѣ планеты. Ниже приведены нѣкоторыя изъ такихъ паръ астероидовъ:

Аталанта (36) и Фидея (37), | Лето (68) и Гесперія (69),  
Александра (34) и Пандора (35), | Эгле (96) и Клото (97).

Планета (31), названная Эйфрозною, была открыта случайно; но это открытіе было сдѣлано при такихъ исключительныхъ обстоятельствахъ, что мы считаемъ необходимымъ сказать о немъ нѣсколько словъ. Астрономъ Вашингтонской обсерваторіи Фергусонъ хотѣлъ наблюдать Эрию, но въ томъ мѣстѣ неба, гдѣ она должна была находиться, онъ замѣтилъ двѣ звѣзды въ такомъ близкомъ разстояніи одна отъ другой, что не могъ рѣшить, которая изъ нихъ была планетой. Поэтому онъ опредѣлилъ положеніе обѣихъ звѣздъ, на другой же день, снова наблюдая эти звѣзды, онъ убѣдился, что одна изъ нихъ была Эрией, а другая новымъ астероидомъ. Это было первое открытіе малой планеты, сдѣланное въ Америкѣ.



Когда была открыта планета (35), названная Лейкопеей, астрономы впервые встретились с темъ фактомъ, что вследствие довольно большого числа вновь открываемыхъ астероидовъ вычисления не могутъ поспѣть за открывателями планетъ, такъ какъ определение точнаго положенія любого изъ астероидовъ для новато его противостояннн съ солнцемъ требуетъ весьма много времени; поэтому все чаще и чаще приходилось опасаться, чтобы не потерять какого-нибудь изъ только-что открытыхъ астероидовъ, какъ это уже было, правда по совершенно другимъ причинамъ, съ первой изъ малыхъ планетъ — Церерой. Такимъ образомъ отыскиванне планеты при новомъ ея противостояннн съ солнцемъ нередко являлось дѣломъ весьма неслѣпымъ, такъ какъ при неточномъ указаннн того мѣста, гдѣ должна находиться планета, приходилось разыскивать ее на весьма значительной части неба. Это обстоятельство еще болѣе рѣзко выступило при вторичномъ отысканнн планеты (41), которая получила имя Дафны и которая, послѣ ея открытнн Гольдшмидтомъ, наблюдалась только въ теченне 4 дней въ Марсели, Берлинѣ и Вѣнѣ. Орбиту этой планеты вычислялъ Шапе, который въ то время былъ наблюдателемъ на обсерваторнн въ Альгонѣ. Изложенныя выше соображеннн дали ему поводъ высказать характерное для того времени пожеланне, чтобы открытнн малыхъ планетъ прекратнлись на нѣсколько лѣтъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ съ годами можетъ накопиться такой огромный материалъ для наблюдений и вычислений, разобраться въ которомъ будетъ весьма трудно. Но на это пожеланне по весьма понятнымъ причинамъ не было обращено никакого вниманнн. Къ этому же времени относится предложенне Мори распределить наблюденнн новыхъ астероидовъ между различными астрономами, и въ теченне нѣкотораго времени это дѣйствительно и дѣлалось, но затѣмъ, какъ это обыкновенно бываегъ въ тѣхъ случаяхъ, когда въ какомъ-нибудь предпрнннннн принимается участие большое число лицъ, все это вскорѣ опять было позабыто и оставлено.

Весьма малочисленныя наблюденнн надъ Дафною во время перваго ея появленнн было недостаточно для точнаго опредѣленнн ея орбиты, поэтому планету не могли снова отыскать въ теченне 6 лѣтъ подрядъ. Правда, Гольдшмидтъ принялъ за Дафну обладавшее собственнымъ движениемъ светило, которое онъ замѣтилъ 9 сентября 1857 года приблизительно на томъ мѣстѣ, гдѣ въ это время должна была находиться упомянутая планета. По указаннн Гольдшмидта эту планету наблюдали на различныхъ обсерваторннхъ, но впоследствии Шубертъ, астрономъ Ант-Арбореккой обсерваторнн въ Мичиганѣ, при болѣе подробномъ изслѣдованнн всѣхъ наблюдений ея, убѣдился, что Дафна и планета, наблюдавшаяся въ 1857 году, различны между собою. Открытая такимъ образомъ новая астероидъ временно была названъ Псевдо-Дафной. Но и эта планета послѣ того не наблюдалась въ теченне весьма значительнаго промежутка времени. Только 27 августа 1881 года Гольдшмидтъ снова отыскалъ ее, и тогда Шубертъ окончательно далъ ей имя Медеты. Для этой планеты былъ принятъ знакъ  $\zeta$ , такъ какъ въ теченне промежутка времени, протекашаго съ перваго наблюдений ея до того момента, когда было вполне установлено, что эта планета отлична отъ Дафны, было открыто еще 14 новыхъ астероидовъ. Дафна же вторично была найдена 31 августа 1862 года Лютеромъ недалеко отъ только-что открытой въ то время планеты (74), получившей названне Галаген, причемъ вначалѣ она была принята также за новую, еще неизвѣстную планету.

Планеты (48 и 49), Дорисъ и Палессъ, представляютъ первый примѣръ, когда двѣ планеты были открыты въ одну и ту же ночь (19 сентября 1857 года) однимъ и тѣмъ же наблюдателемъ, Гольдшмидтомъ, приблизительно въ одномъ и томъ же мѣстѣ небесной сферы. Поэтому Бомонъ предложилъ для обннхъ этихъ планетъ общее названне «Les Jumeles» (Близнецы); однако, это названне не получило общаго распространеннн. Впоследствии неоднократно случалось одному и тому же наблюдателю въ одну и ту же ночь открывать 2 планеты.

Въ прилагающей таблицѣ приведены такія пары планетъ, причемъ въ первомъ столбцѣ даны имена астрономовъ, сдѣлавшихъ эти открытiя.

Наблюдатель.	Открытыя изъ него.
Петерсъ . . . . (122)	Герда и (132) Брунгизда,
Петерсъ . . . . (144)	Вибилія и (140) Адеона,
Пализа . . . . (254)	Августа и (268) Опшавія,
Пализа . . . . (262)	Вальда и (263) Дрезда,
Пализа . . . . (291)	Алиса и 292 Людовика.

Что касается послѣднихъ двухъ планетъ, то ихъ независимо отъ Пализы въ слѣдующую же ночь открылъ Шарлуа, которому нѣсколько недѣль спустя посчастливилось также въ одну ночь открыть двѣ планеты (297) и (298), названныя Цецилiей и Бартистиной. Приоритетъ этого открытiя остался за Шарлуа.

Планета (31), получившая имя Немаузы, была открыта при помощи специальныхъ картъ, предложенныхъ для этой цѣли Фальцемъ и составленныхъ на его частной обсерватори въ Писмесѣ любителемъ астрономiи Лораномъ. На этихъ картахъ была изображена лишь небольшая часть небесной сферы, простирающаяся на нѣсколько градусовъ къ сѣверу и къ югу отъ эклиптики. Каждый малъ астероидовъ въ теченiе полнаго оборота около солнца, очевидно, долженъ пройти черезъ эту часть неба, и потому такія карты, съ одной стороны, сравнительно бѣдны звѣздами, такъ что всякое измѣненiе въ положенiи этихъ послѣднихъ легко можетъ быть замѣчено, съ другой стороны, не требующiя много времени для ихъ составленiя, представляютъ несомнѣнную выгоду.

Планета (31), получившая названiе Данаи, представляетъ особый интересъ потому, что она можетъ весьма значительно удаляться какъ къ сѣверу, такъ и къ югу отъ эклиптики. Если противостоянiе Данаи съ солнцемъ падаетъ на середину зимы, то для мѣсть земного шара, лежащихъ въ сѣверномъ полушарiи подъ средними широтами, она является еволюлярной звѣздой (Введ., § 17). Если же ея противостоянiе случается въ серединѣ лѣта, то для тѣхъ же самыхъ мѣсть земной поверхности она въ теченiе цѣлыхъ сутокъ остается подъ горизонтомъ. Впрочемъ, такими же особенностями отличаются еще нѣкоторыя другiя малыя планеты, какъ-то. Агаланта, Эйфрозона, Ниоба, Юлiя и т. д.

Планета (59), открытая Шакорнакомъ почти одновременно съ Данаей, въ теченiе двухъ лѣтъ послѣ ея открытiя не имѣла никакого имени, несмотря на то, что другiе тоже открытые астероиды уже получили соответственные названiя. Это объясняется особенными взглядами парижскихъ астрономовъ, которые сомнѣвались въ пользѣ собственныхъ именъ для астероидовъ и предлагали обозначать малыя планеты кружечками съ номерами, поазывающими хронологическiй порядокъ открытiя, и прибавлять къ каждому знаку имя астронома, открывшаго планету, причемъ они считали полезнымъ указывать также величину средняго разстоянiя астероида отъ солнца. Но тогда такой способъ обозначенiя не получилъ общаго распространенiя. Чтобы устранивъ неудобство, связанное съ тѣмъ, что только одна изъ планетъ не имѣла имени. Э. Вейсзъ, занимавшiйся вычисленiемъ ея орбиты, обратился къ К. Литрову съ просьбой выбрать для нея какое-нибудь имя. Названiе Эальписъ, предложенное съ цѣлью намека на то, что планета долгое время оставалась безъ имени тотчасъ же было принято почти всеми. Только парижская обсерваторiя хотѣла, чтобы планета, согласно съ предложенiемъ Хинда, была названа Олимпией, однако, это имя не вошло въ употребленiе.

Парижскiе астрономы Ферстеръ и Лессеръ тотчасъ по полученiи извѣстiя о только-что упомянутомъ открытiи Шакорнака замѣтили приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ должна была находиться новая планета, звѣздочку съ собственнымъ движениемъ, которую они наблюдали въ теченiе нѣсколькихъ дней, предполагая, по весьма понятнымъ причинамъ, что это астероидъ, открытiй Шакорнакомъ. Но, при этомъ, имя бросилось въ

глазъ, что основанное на ихъ наблюденіяхъ положеніе этой планеты значительно отличается отъ того, которое получалось изъ предварительныхъ вычисленій орбиты астероида, открытаго Шакарнакомъ. Не останавливаясь долго надъ этими вопросами, они объяснили такое отклоненіе неточностью первыхъ вычисленій орбиты. Только Лютеръ въ Вилкѣ и почти одновременно съ нимъ Горнштейнъ въ Виль, слѣдивше за планетой, открытой въ Парижѣ, обратили вниманіе берлинскихъ астрономовъ на то, что эти послѣдніе наблюдали совершенно другую планету, которая вслѣдъ затѣмъ по установившемуся обычаю и была обозначена знакомъ (62) и которой Энке далъ имя Эрато. Позднѣйшія вычисления показали, что Эльписъ и Эрато, какъ въ день открытія послѣдней изъ нихъ, такъ точно и въ день открытія первой, находились въ весьма близкомъ другъ отъ друга условномъ разстояніи и что, слѣдовательно, лишь вслѣдствіе какихъ-нибудь случайностей Шакарнакъ, открывая Эльписъ, не замѣнилъ Эрато. Но взаимное сближеніе обѣихъ планетъ во всякомъ случаѣ было только кажущимся и зависѣло отъ того, что обѣ планеты, усматриваемыя съ земли, находились приблизительно на одной и той же прямой линіи.

Въ теченіе той же недѣли, когда были открыты Даная, Эльписъ и Эрато, Фергусонъ открылъ еще четвертую новую планету, которую онъ назвалъ Титаніей. Этотъ случай, когда въ теченіе весьма короткаго промежутка времени группа малыхъ планетъ обогатилась четырьмя новыми членами, является однимъ изъ весьма рѣдкихъ въ исторіи открытій астероидовъ. Подобный же случай имѣлъ мѣсто въ 1857 году, когда въ теченіе 10 дней были открыты три планеты: Мелета, Дорисъ и Палисъ. Вслѣдствіи имя Титанія, данное Фергусономъ открытой имъ планетѣ (60), было замѣнено именемъ Эхо, такъ какъ первое изъ этихъ именъ могло породить недоразумѣнія въ виду того, что оно тождественно съ именемъ одного изъ спутниковъ Урана и созвучно съ именемъ одного изъ спутниковъ Сатурна (Титанъ).

Эти четыре такъ быстро слѣдовавшія другъ за другомъ и сдѣланныя въ сентябрѣ 1860 года открытія впервые внесли нѣкоторую путаницу въ общепринятую нумерацію астероидовъ. До сихъ поръ нумеръ каждой новой планеты указывалъ хронологическій порядокъ ея открытія. Принимая во вниманіе послѣдовательность, въ которой были открыты четыре разсматриваемыя нами планеты, ихъ слѣдовало бы расположить въ такомъ порядкѣ, Даная, Эльписъ, Эрато, Эхо. На самомъ же дѣлѣ, этимъ четыремъ планетамъ были приписаны вышеуказанные нумера прежде, чѣмъ планеты могли быть расположены въ рядъ на основаніи общепринятаго принципа, и въ скоромъ времени значки съ этими нумерными получили общее распространеніе, хотя они и не были согласны съ хронологическимъ порядкомъ открытія планетъ. Такимъ образомъ, этотъ случай наглядно показалъ, что и въ этомъ отношеніи возможны недоразумѣнія. И могъ ли кто-нибудь въ то время, когда была предложена нумерація астероидовъ на основаніи хронологическаго порядка ихъ открытій, подоривать, что вслѣдствіе заопозданія на нѣсколько дней извѣстія объ открытіи или вслѣдствіе чрезвычайной отдаленности мѣста открытія можетъ произойти путаница въ нумераціи!

Планета (71), названная Ньюбой, во время своего вторичнаго появленія представляла околополярную звѣзду даже для мѣстъ, лежащихъ въ южной Европѣ. Планета (72), получившая имя Феронія, вначалѣ была принята Негерсомъ, директоромъ Клинтонской обсерваторіи въ штатѣ Нью-Йоркъ, за планету (61), носящую имя Майн; но потомъ Саффордъ показалъ, что наблюденія Негерса относятся къ другой еще неизвѣстной планетѣ. Къ этому для Майн, такъ и для Феронія, тотчасъ послѣ ихъ открытія не удалось собрать достаточнаго числа наблюденій, вслѣдствіе чего для нихъ не могли быть вычислены надежные элементы. И действительно, Майню послѣ этого въ первый разъ удалось наблюдать только черезъ 15 лѣтъ. Съ другой стороны, недалеко отъ того мѣста, гдѣ должна была находиться Феронія во время своей второй оппозиціи съ солнцемъ, были открыты цѣлыхъ три новыхъ планеты: двѣ изъ нихъ, (73 и 74), названныя Эритикой и Фригтой, были замѣчены опять

Цетерсомъ, а она ☾, получившая имя Фрейя, астрономомъ Д'Арре. Сама же Ферония новее не была найдена.

Планета (79), названная Евриномой, была первымъ открытѣмъ Ватсона, который въ теченіе слѣдующихъ 14 лѣтъ до самой своей смерти, послѣдовавшей 23 октября 1880 года, открылъ 22 астероида. Послѣ открытія Евриномы произошло болѣе полугода, прежде чѣмъ группа астероидовъ обогатилась еще однимъ новымъ членомъ. Но въ теченіе этого промежутка времени старые астероиды нѣсколько разъ принимались за вновь открытыя. 11 ноября 1863 года Р. Лютеръ замѣтилъ планету, относительно которой вначалѣ онъ сомнѣвался, не новая ли она, но вскорѣ затѣмъ оказалось, что это была планета (68), по имени Лето, которая незадолго передъ тѣмъ была открыта самимъ же Лютеромъ. Черезъ два дня послѣ этого Шмидтъ въ Афинахъ наблюдалъ малую планету, которую за неизмѣннѣмъ точной эфемериды онъ принялъ за новую, ранѣе неизвѣстную, и эта планета считалась новой до тѣхъ поръ, пока Э. Вейсъ и Хиндъ не показали, что Шмидтъ наблюдалъ планету (6). Гитцелю Наконецъ, 2 февраля 1864 года Потсонъ въ Мадрасъ замѣтилъ недалеко отъ Конкордіи и Галатеи планету въ такой части неба, гдѣ по расчетамъ астрономовъ не должна была находиться ни одна изъ извѣстныхъ уже планетъ. Потсонъ далъ этому новому, какъ онъ предполагалъ, астероиду имя Сафо. Р. Люгеръ первый выразилъ сомнѣніе относительно новизны этого небеснаго тѣла и показалъ, что въ этомъ мѣстѣ должна была бы находиться Фрейя, если бы ея очень неточные элементы были измѣнены на величины весьма большія, но, во всякомъ случаѣ, какъ мы теперь знаемъ, допустимыя въ случаѣ перваго приближеннаго опредѣленія орбиты. Это предположеніе вскорѣ вполне подтвердилось, и Потсонъ долженъ былъ отказаться отъ своего мнимаго открытія; но зато въ скоромъ времени ему посчастливилось открыть дѣйствительно новую планету (80), которая и получила окончательно имя Сафо.

При совершенно особенныхъ обстоятельствахъ была открыта планета (66), названная Семеде. Берлинскій астрономъ Гитценъ 4 января 1866 года хотѣлъ наблюдать планету къ получившую имя Ю, и его глазамъ представились двѣ звѣздочки, изъ которыхъ одна находилась очень близко отъ того мѣста, гдѣ, на основаніи предварительныхъ вычисленій, должна была находиться Ю, а другая отстояла отъ этого мѣста на 3° къ югу и на 6° къ востоку. Черезъ 50 минутъ послѣ перваго своего наблюденія Гитценъ не обнаружилъ никакого измѣненія въ относительномъ положеніи этихъ двухъ звѣздочекъ, но зато замѣтилъ, что обѣ онѣ передвинулись на 2° относительно третьей, сохранившей свое положеніе. Такъ какъ при первыхъ своихъ наблюденіяхъ онъ сдѣлалъ лишь приближенное сравненіе положеній различныхъ звѣздочекъ, то онъ заподозрилъ у себя просчетъ въ секундахъ. Дальнѣйшими наблюденіями въ этотъ вечеръ помѣшали луна и облака, 5 января обѣ вышеупомянутыя звѣздочки уже пещали съ того мѣста, гдѣ онѣ находились наканунѣ. Но зато въ другомъ мѣстѣ Гитценъ замѣтилъ снова двѣ звѣздочки: одна изъ нихъ находилась на томъ мѣстѣ, которое должна была занимать въ этотъ день планета Ю, а другая отстояла отъ только-что упомянутого мѣста на 1° къ сѣверу и на 10,4<sup>s</sup> къ востоку. Эту послѣднюю звѣздочку Гитценъ тотчасъ же призналъ за новую планету, такъ какъ 4 января въ этомъ мѣстѣ неба онъ не видалъ никакой звѣзды. Собственное движеніе обѣихъ этихъ звѣздочекъ, обнаружившееся въ теченіе короткаго времени, подтвердило предположеніе Гитцена.

Планету (81), которую открылъ марсельскій астрономъ Борелли, профессоромъ Брунсомъ было дано имя Эпиды. Эту планету въ теченіе пяти лѣтъ послѣ открытія никто изъ астрономовъ не могъ найти, и только въ 1871 году ее удалось снова наблюдать, благодаря тому, что незадолго передъ этимъ профессоръ Опольдеръ снова перевычислилъ ея орбиту. Планеты (82) и (83) были открыты Ватсономъ, одна вскорѣ послѣ другой. Первая изъ нихъ была названа Минервой, а вторая Авророй. Имена эти были даны по-

тѣмъ планетамъ международнымъ астрономическимъ обществомъ, которое, вообще, рѣшило заботиться объ именахъ тѣхъ планетъ, которымъ астрономы, открывшіе ихъ, не давали именъ тотчасъ послѣ ихъ открытія. Когда Петерсомъ была открыта планета (92), названная Удиной, число планетъ нашей солнечной системы, включая сюда и 8 большихъ планетъ, достигло 100, между тѣмъ какъ 20-ю годами раньше этихъ небесныхъ тѣлъ едва можно было насчитать 12.

Въ тотъ самый день, когда марсельскій астрономъ Коджія открылъ планету (96), получившую названіе Эгле, Темпель, также въ Марсели, замѣтилъ планету, которую онъ вначалѣ принялъ за Эгину, но затѣмъ скорѣ призналъ за совершенно новое небесное тѣло вѣдѣвше ея сильнаго движенія по склоненію. Этой планетѣ (97) научное общество въ Шербурѣ, по предложенію самого Темпеля, дало имя Клото. Темпель, вообще, настаивалъ на томъ, чтобы тремъ астероидамъ, находящимся на рубежѣ первой и второй согни, были даны имена трехъ паркъ Клото, Лахезисъ и Атропосъ. Именемъ Атропосъ онъ вовсе не желалъ указать на то, что такого рода изслѣдованія должны быть совершенно прекращены: онъ такимъ образомъ имѣлъ только въ виду вообще отмѣтить первую большую группу астероидовъ. Но, дѣлая это предложеніе, Темпель какъ-будто бы имѣлъ двойного рода предчувствіе съ одной стороны Клото была послѣднимъ изъ астероидовъ, открытымъ Темпелемъ; съ другой стороны этой планетой заключалась важная эпоха въ исторіи астероидовъ, такъ какъ Клото была, вообще, послѣдней планетой, которая была открыта любителями астрономіи. Темпель, по крайней мѣрѣ, въ молодости не былъ астрономомъ-специалистомъ, а занимался литографическимъ дѣломъ и только свободные часы посвящалъ изученію неба. Его любовь къ астрономіи была настолько велика, что на свои сбереженія онъ приобрѣлъ себѣ небольшую трубу, съ помощью которой въ 1859 году открылъ комету. Это обогатѣтельство побудило его мало-по-малу совершенно перейти къ занятиямъ астрономіей, и въ теченіе своей жизни онъ открылъ всего 6 астероидовъ и 12 кометъ, изъ которыхъ 4 оказались періодическими съ короткимъ временемъ обращенія. Его открытія безъ сомнѣнія представляютъ поразительный примѣръ того, какія значительныя услуги можно оказать наукѣ даже при небольшихъ вспомогательныхъ средствахъ. Астрономическая труба, съ помощью которой Темпель сдѣлалъ свои открытія, не была снабжена даже простѣйшими приспособленіями, которыя могли бы облегчить его работу, и, вѣдѣвше этого, его наблюденія были совершенно непригодны для опредѣленія орбитъ открытыхъ имъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому ему всегда приходилось обращаться къ тому или другому астроному съ просьбой повѣрить сдѣланное имъ открытіе въ отношеніи его новизны.

Впрочемъ вышеупомянутое предложеніе Темпеля назвать именами паркъ три астероида, находящиеся въ концѣ первой согни, не было осуществлено, но, по всей вѣроятности, только по тому, что номеръ журнала «Astronomische Nachrichten», въ которомъ было напечатано предложеніе Темпеля, былъ полученъ астрономами Петерсомъ и Боррелли, открывшими двѣ слѣдующія планеты (98) и (99), уже послѣ того, какъ они назвали ихъ соответственно Янтой и Дикой. Планету 100 національная Академія Наукъ Северо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ назвала Текатой, производя это имя отъ греческаго слова ἑκαστοςъ что значить ето. Теката была открыта Ватсономъ, но черезъ три дня послѣ этого независимо отъ Ватсона ее снова открылъ Петерсъ, и, наконецъ, еще черезъ два дня она была открыта въ третій разъ астрономомъ Коджія.

Открытіе планеты 133, названной Циреной, замѣчательно тѣмъ, что профессоръ Ватсонъ попалъ на нее случайно, когда отыскивалъ планету, открытую имъ нѣсколькими недѣлями раньше. Сначала онъ полагалъ, что Цирена и эта планета тождественны: впрочемъ скоро онъ замѣтилъ свою ошибку, но вмѣстѣ съ тѣмъ планета, которую онъ открылъ раньше Цирены и, отыскивая которую, натолкнулся на Цирену, была совсѣмъ потеряна.

Планета (136), по имени Юва, была открыта опять профессоромъ Ватсономъ, но

только не въ постоянномъ мѣстѣ его жительства Анъ Арборѣ, а въ Пекинѣ, куда онъ отправился для наблюденія прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ и гдѣ онъ въ свободное время занимался отыскиваньемъ новыхъ планетъ. Въ рукописныхъ замѣткахъ Ватсона Комингъ уже послѣ его смерти нашелъ, что для этой планеты китайскимъ принцемъ Кунгомъ собственно было выбрано имя «Jue wha Sing», что значитъ звѣздъ счастья Китая.

Послѣ весьма богатаго открытими планетъ 1868 года, когда группа астероидовъ увеличилась на 12 новыхъ членовъ и когда такимъ образомъ вслѣдствіе чрезвычайныхъ жатвъ, такъ сказать, была истощена небесная почва, слѣдовали сначала два года необыкновенно бѣдныхъ открытими астероидовъ (1869 и 1870), а затѣмъ четыре года, въ теченіе которыхъ въ среднемъ ежегодно открывалось по шести новыхъ астероидовъ, что и раньше было обыкновеннымъ явленіемъ. Наступившій же вслѣдъ затѣмъ 1875 годъ далеко превзошелъ по обилію вновь открытыхъ планетъ всѣ предшествующіе годы: именно, въ этомъ году было открыто 17 астероидовъ. Если же считать годъ отъ середины 1875 года до середины 1876 года, то число открытій малыхъ планетъ за одинъ годъ достигло необычайной цифры 20. Въ теченіе первыхъ восьми дней въ ноябрѣ 1875 г. было открыто 5 новыхъ астероидовъ, отъ (151) до (155), изъ которыхъ три были найдены Пализой, а остальные два — братьями Анри. Первую изъ этихъ планетъ, именно (151), Э. Вейсъ, по просьбѣ самого Пализы, назвалъ Абундицией, въ честь древней богини, которая, вообще, уже въ теченіе продолжительнаго времени безжалостно смѣялась надъ бѣдными астрономами, а въ тотъ годъ въ полномъ смыслѣ слова выиграла надъ ними свой рогъ изобилія. Впрочемъ 5 только-что упомянутыхъ планетъ, а также шестая, которая на 14 дней позже была открыта опять Пализой, находились всѣ на сравнительно небольшой площади неба, едва простиравшейся по прямому восхожденію на  $7^{\circ}$ , а по склоненію на  $4^{\circ}$ . По близость всѣхъ этихъ планетъ другъ къ другу была во всякомъ случаѣ лишь кажущаяся, а на самомъ дѣлѣ между этими небесными тѣлами не было никакой физической связи. Среди только-что указанныхъ астероидовъ находится также и планета (156), по имени Гильды, большая полуось которой лишь немногимъ меньше большой полуоси планеты (159), получившей имя Туле. Обѣ эти планеты при прохожденіи черезъ афелій удаляются отъ солнца на одинаковое разстояніе, которое выражается числомъ 4,6, если за единицу разстояній принять большую полуось земной орбиты. Такимъ образомъ эти планеты достигаютъ вѣнечной границы той зоны, внутри которой заключаются всѣ астероиды. Черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ этого была открыта планета (160), названная Евой и замѣчательная тѣмъ, что она, при прохожденіи черезъ перигелій, подходила къ солнцу ближе всѣхъ астероидовъ, которые въ то время были извѣстны. Поэтому въ теченіе долгаго времени полагали, что Ева при своемъ движеніи опредѣляетъ внутреннюю границу зоны астероидовъ, и только съ открытjemъ планеты (158), получившей имя Агаты, такую роль пришлось приписать этой послѣдней. Впрочемъ изъ всѣхъ планетъ, которыя были извѣстны до 1897 года, планеты (157) и (158), названныя Этрой и Бруццей, могли подходить къ солнцу еще ближе, чѣмъ Агата, однако ихъ элементы были выведены изъ наблюдений, охватывавшихъ лишь небольшое число дней, и потому они слишкомъ ненадежны, чтобы можно было довѣрять вычисленнымъ на основаніи этихъ наблюдений разстояніямъ перигеліевъ этихъ планетъ отъ солнца. \* Ниже мы увидимъ, что собственно ни Агата, ни Этра, ни Бруцця не опредѣляютъ при своемъ прохожденіи черезъ перигелій внутренней границы зоны астероидовъ. Именно въ 1898 году Виттомъ была открыта въ Берлинѣ при помощи фотографіи планета Эросъ, среднее разстояніе которой до солнца явнѣе средняго разстоянія отъ Марса до солнца. Считая Эросъ и Гильду опредѣляющими какъ внутреннюю, такъ и вѣнечную границы зоны астероидовъ и принимая за единицу разстояній большую полуось земной орбиты, мы наименьшее разстояніе Эроса и наибольшее разстояніе Гильды отъ солнца

выразимъ соотвѣтственно числами 1,132 и 4,604. Слѣдовательно ширина всего пояса астероидовъ равняется въ тѣхъ же единицахъ 3,472, что составляетъ 516 миллионовъ километровъ. Наибольшее расстояние Марса отъ солнца равно 1,666, а наименьшее расстояние Юпитера составляетъ 4,952, если за единицу расстояній опять принять большую полуось земной орбиты. Такимъ образомъ ближайшая къ солнцу граница зоны астероидовъ, какъ показываютъ эти расчеты, лежитъ внутри орбиты Марса \* Другая же граница настолько близко подходитъ къ орбитѣ могущественнаго Юпитера, что этотъ послѣдній можетъ оказывать весьма большое влияние на движеніе некоторыхъ астероидовъ, и, подъ его влияніемъ, въ теченіе короткаго времени ихъ орбиты могутъ принимать совершенно другой видъ. Изъ астероидовъ, орбиты которыхъ опредѣлены съ достаточною точностію, Ева и планета (18), по имени Пестря, обладаютъ эксцентриситетомъ, равнымъ 0,35 и слѣдовательно близкимъ къ эксцентриситету некоторыхъ периодическихъ кометъ съ короткимъ временемъ обращенія. Вслѣдствіе такого большого эксцентриситета обѣ эти планеты при прохожденіи черезъ афелій отстоятъ отъ солнца вдвое дальше, чѣмъ при прохожденіи черезъ перигелий. Ни одна изъ большихъ планетъ не обладаетъ, какъ извѣстно, такимъ значительнымъ эксцентриситетомъ.

5 февраля 1877 года была открыта планета (172), названная Бавкидой, и послѣ этого до открытія слѣдующаго астероида (173) протекло нѣмныхъ полгода. Зато въ теченіе второй половины этого года, напротивъ того, одно открытіе быстро слѣдовало за другимъ, и уже черезъ нѣсколько дней послѣ открытія планеты (17) Ватсонъ замѣтилъ новую планету, которая вначалѣ и была обозначена номеромъ (72). Однако при первомъ же вычисленіи ея орбиты оказалось, что она тождественна съ планетой (41), открытой братьями Анри 13 января 1875 года и съ тѣхъ поръ ни разу не наблюдававшаяся. Тѣмъ не менѣе 174-ый астероидъ былъ открытъ все-таки Ватсономъ; именно онъ уже 3 сентября снова началъ на новую планету, которую онъ сначала обозначилъ номеромъ (173), такъ какъ въ то время еще не была обнаружена тождественность первой планеты, открытой Ватсономъ съ планетой (41), которая, какъ мы выше видѣли, была названа Люменомъ.

Номеръ (17) замѣчательнъ тѣмъ, что онъ давался послѣдовательно четыремъ планетамъ, и только за четвертой изъ нихъ онъ въ концѣ концовъ былъ удержанъ навсегда. Именно, во второй разъ номеръ (73) былъ данъ планетѣ, которую 2 октября открылъ Пализа въ Польшѣ; однако вскорѣ пришлось отнять отъ этой планеты ея номеръ, такъ какъ была доказана ея тождественность съ планетой (16). Тогда номеръ (73) перешелъ къ планетѣ Идунъ, открытой 14 октября Петерсомъ. Однако во второй половинѣ ноября было получено письменное сообщеніе, что раньше Идуны была открыта Ватсономъ Андромаха, за которой поэтому и былъ окончательно удержанъ номеръ (17), между тѣмъ какъ планета, открытая Петерсомъ, была обозначена номеромъ (17). Вслѣдствіе того, что извѣстие объ открытіи Андромахи нѣсколько запоздало, въ Европѣ наблюдать эту планету болѣе не удалось, да кромѣ того и самъ Ватсонъ не могъ достаточно долго слѣдить за ней, такъ что первое опредѣленіе ея орбиты оказалось мало надежнымъ, и потому ее считали потерянной до тѣхъ поръ, пока наконецъ черезъ 16 лѣтъ она не была снова открыта при помощи фотографіи.

Прежде чѣмъ письменное сообщеніе объ открытіи Андромахи пришло въ Европу, были открыты два новыхъ астероида: одинъ—5 ноября братьями Анри, другой—на слѣдующій день астрономомъ Пализой, и такимъ образомъ номера (176) и (177), данные этимъ планетамъ, пришлось потомъ переименовать на новые: (177) и (178).

Подобная же путаница въ номерахъ, указывающихъ хронологическій порядокъ открытія планетъ, имѣла мѣсто, какъ было сказано выше, и раньше, именно въ 1860 году. Однако при этомъ никогда не приходилось имѣть дѣла съ такимъ большимъ числомъ

планеты, какъ въ этотъ разъ. Главная причина такой пуганицы заключается прежде всего въ томъ, что при быстромъ увеличеніи числа новыхъ планетъ стали часто повторяться такіе случаи, что нѣкоторыя планеты послѣ ихъ открытія наблюдались лишь въ теченіе весьма короткаго промежутка времени, и, вслѣдствіе этого, несмотря на все стараніе, не было никакой возможности опредѣлить элементы такихъ планетъ съ достаточною точностью, благодаря чему ихъ отысканіе во время слѣдующихъ оппозицій было весьма затруднительно. Поэтому многіе астероиды впоследствии открывались снова, какъ это мы только видѣли, между прочимъ, на примѣръ планетъ (161) и (61). Кроме того надо имѣть въ виду еще то обстоятельство, что письменныя извѣщенія объ открытіи новыхъ планетъ, посылаемыя изъ Европы въ Америку и обратно, доходили по назначенію очень поздно, и такое запаздываніе также порождало пуганицу въ нумерахъ, какъ это и имѣло мѣсто, между прочимъ, относительно планетъ (174), (175), (176) и (177). Вслѣдствіе этого все болѣе и болѣе созрѣвала мысль о томъ, что слѣдовало бы сообщать объ астрономическихъ открытіяхъ съ одного материка на другой при помощи телеграфа. Первые шаги въ этомъ направленіи были сдѣланы Э. Вейсомъ въ 1872 году, когда онъ ѣздилъ въ Америку съ цѣлью посѣщенія тамошнихъ обсерваторій. Начавшіеся тогда переговоры въ скоромъ времени благополучно были доведены до конца профессоромъ Петерсомъ въ Клинтонѣ. Трансатлантическое телеграфное общество согласилось на безплатную передачу черезъ океанъ опредѣленнаго числа астрономическихъ телеграммъ. Безплатная же передача телеграммъ въ самой Америкѣ, а также въ Европѣ отчасти легко могла быть выхлопотана, отчасти же была уже обѣщана; наконецъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нельзя было бы добиться безплатной передачи телеграммъ, это препятствіе не явилось непреодолимымъ вслѣдствіе сравнительно небольшой платы за телеграммы на материкѣ. Въ 1886 году, для большаго удобства, въ Киль была учреждена центральная станція для астрономическихъ телеграммъ.

Въ 1878 году первый астероидъ былъ открытъ Перотаномъ 29 января въ 15 минутахъ отъ того мѣста, гдѣ 10 января 1877 года имъ же была открыта планета (170), названная Марией, онъ замѣтилъ новую звѣздочку, которую сначала принялъ за находящуюся вблизи планеты (166), по имени Родоны. Открывая имъ новая планета, когда было обнаружено ея отличие отъ Родоны, была названа Гарумной въ честь божества той рѣки, на которой стоитъ городъ Тулуза. Несмотря на женское окончаніе этого имени, божество, въ честь котораго планета была названа, по представленіямъ древнихъ было лицомъ мужскаго пола, и поэтому, если оставить безъ вниманія не имѣющее ничего общаго съ классическою древностью имя Люмевъ, то Гарумна представляетъ первый случай нарушенія общепринятаго до тѣхъ поръ обычая давать планетамъ женскія имена. Независиме отъ Перотана Гарумна была открыта 1 февраля также Пализой, который сначала принялъ ее за планету (61). Урду, такъ какъ орбита этой послѣдней была опредѣлена весьма вѣсточно.

Черезъ два дня послѣ этого телеграфъ сообщилъ, что въ Марсели Котенотъ открывалъ новую планету, которая получила имя Эвхарисъ и по счету была уже 181-ой планетой въ группѣ астероидовъ. Еще черезъ два дня Петерсъ замѣтилъ двѣ звѣздочки съ собственнымъ свѣщеніемъ, изъ которыхъ та, которая находилась къ востоку, принялъ за Антигону, а другую за новую планету, вслѣдствіе чего онъ прежде всего пронаблюдалъ эту послѣднюю. Между тѣмъ въ это время небо покрылось облаками, и онъ, не успѣвъ опредѣлить положенія также и второй звѣздочки, сообщилъ въ Европу о своемъ открытіи новаго астероида. 7 февраля Пализа занялся изслѣдованіемъ этой части неба съ цѣлью пронаблюдать новую планету; онъ скоро нашелъ опять обѣ планеты, но при этомъ, наоборотъ, ту, которая находилась къ востоку, принялъ за новую, а другую же планету отъ своей не обратилъ никакого вниманія. Впоследствии оказалось, что предположеніе Пализы было правильно, и что слѣдовательно профессоръ Петерсъ наблюдалъ не новую



планету, а Антигону. Такимъ образомъ это открытіе выпало на долю Пализы, у котораго за нѣсколько дней передъ тѣмъ Перотэнъ, такъ сказать, предвосхитилъ открытіе планеты (180).

1879 годъ по числу открытій превзошелъ всѣ предыдущіе годы: онъ подарилъ астрономамъ 20 новыхъ планетъ. Если же мы не будемъ считать годъ съ января по январь, а примемъ во вниманіе годовой промежутокъ времени съ середины апрѣля 1879 года до середины апрѣля 1880 года, то число вновь открытыхъ астероидовъ за этотъ промежутокъ достигаетъ даже 22.

19 апрѣля 1879 года Пализа нанесъ на звѣздную карту весьма слабую звѣздочку 13-ой величины, а 22 апрѣля онъ уже не нашелъ ея на прежнемъ мѣстѣ. Зато въ другомъ мѣстѣ онъ замѣтилъ нѣсколько еще не отмѣченныхъ на картѣ слабыхъ звѣздочекъ, изъ которыхъ и пропалюдалъ наиболѣе яркую. Но только 28 апрѣля онъ могъ обнаружить тождественность обонхъ этихъ небесныхъ тѣлъ, пропалюденныхъ имъ 19 и 22 апрѣля; эта открытая имъ планета была обозначена номеромъ (190) и названа Евриклеей. Вскорѣ послѣ этого Пализа потерялъ одну звѣзду, которую нанесъ на карту во время наблюденій Сильвіи. Когда онъ 21 мая отыскивалъ эту звѣздочку, онъ попалъ на довольно слабую планету (197), получившую имя Ареты; та же планета, которую онъ искалъ, найдена не была и потому должна считаться потерянной. Если же принять во вниманіе также и эту потерянную планету, то число открытій, сдѣланныхъ въ теченіе 1879 года, надо увеличить еще на одно.

Планета (198), открытая Петерсомъ 13 октября 1879 года и получившая имя Херселии, вслѣдствіе особаго стеченія обстоятельствъ была потеряна на пять лѣтъ. Херселия никонимъ образомъ не можетъ быть отнесена къ слабымъ планетамъ, но самъ Петерсъ наблюдалъ ее только въ промежуткѣ времени съ 13 по 20 октября, и когда объ открытіи ея было сообщено по телеграфу въ Европу, ея положеніе было определено только 16 октября на обсерваторіяхъ въ Берлинѣ, Дюссельдорфѣ, Лейпцигѣ и Парижѣ. Въ это время открытія астероидовъ слѣдовали весьма быстро одно за другимъ, такъ что въ промежутокъ времени съ 8 по 21 октября къ группѣ малыхъ планетъ прибавилось не менѣе 6 новыхъ членовъ, и это обстоятельство, повидимому, послужило причиной того, что наблюдатели считали менѣе важнымъ слѣдить за болѣе яркой изъ открытыхъ планетъ. Вслѣдствіе этого было получено слишкомъ мало наблюденій Херселии, и точное опредѣленіе ея орбиты оказалось невозможнымъ.

Планеты (213) и (216) были открыты во время розысковъ уже извѣстныхъ астероидовъ. При такихъ обстоятельствахъ очень часто открывалъ малыя планеты берлинскій астрономъ Кнорре. Такъ, напр., въ началѣ апрѣля 1880 г. онъ разыскивалъ Сибиллу, которая со времени ея открытія въ 1876 г. ни разу не наблюдалась. Во время этихъ розысковъ 7 апрѣля онъ замѣтилъ недалеко отъ найденной Сибиллы еще другую весьма слабую планету 13-ой величины, которая была названа Ононой. Слѣдя за этой планетой, Кнорре 15 мая снова попалъ на новую еще неизвѣстную планету, которая находилась недалеко отъ Ононы; но эту новую планету онъ пронаблюдалъ всего только одинъ разъ, и потому она не можетъ быть причислена къ извѣстнымъ астероидамъ, такъ какъ на основаніи одного наблюденія нельзя вычислить элементовъ орбиты.

Въ то время какъ Кнорре былъ занятъ отысканіемъ Сибиллы, Пализа ревностно разыскивалъ Гильду, представляющую интересъ благодаря значительной величинѣ большой полуоси ея орбиты. Поиски Пализы затянулись на довольно продолжительное время, такъ какъ онъ долженъ былъ изслѣдовать весьма обширную площадь небесной сферы. Начались эти поиски въ началѣ апрѣля и въ самомъ непродолжительномъ времени привели къ открытію планеты (216), названной Клеопатрой, а 16 мая увѣнчались наконецъ вторичнымъ открытіемъ Гильды.

Послѣднее открытіе въ 1880 году было сдѣлано Пализой 30 сентября. Это была Тайны Нева.

планета 219), двенадцать восьмая и послѣдняя изъ открытых Пализой въ теченіе 6½ лѣтъ въ Польѣ, откуда онъ вскорѣ послѣ того долженъ былъ переселиться въ Вѣну, такъ какъ онъ былъ приглашенъ на новую вѣнскую обсерваторію. Здѣсь онъ уже 23 февраля 1881 года, повидимому, снова началъ свою дѣятельность открывателя малыхъ планетъ. Однако, открытая имъ планета, какъ показали первыя вычисления ея орбиты, была гожде-еисевна съ Вестой, которая со времени своего открытія въ 1874 году еще ни разу не наблюдалась. Поэтому первое открытіе Пализы въ Вѣнѣ относится только къ 19 мая, когда ему посчастливилось найти новую весьма слабую планету 13-ой величины. Замѣчательно, что въ 1881 году была открыта только одна эта планета. Такого случая не было съ 1859 года, и потому, повидимому, можно было надѣяться, что наконецъ наступилъ періодъ болѣе медленнаго увеличенія числа астероидовъ. Однако, такія надежды оказались несостоятельными, такъ какъ уже въ слѣдующемъ году было отмѣчено опять одиннадцать новыхъ открытій. Прежде чѣмъ переходить къ изложенію исторіи дальнѣйшихъ открытій астероидовъ, скажемъ нѣсколько словъ о томъ, какими образомъ были даны имена четырѣмъ послѣднимъ открытымъ Пализой въ Польѣ планетамъ (212), (216), (218) и (219). Пализа предоставилъ выборъ именъ для этихъ планетъ астрономамъ вѣнской обсерваторіи. Съ этою цѣлью было устроено небольшое засѣданіе, въ которомъ принималъ участіе также профессоръ Крейцъ находившійся тогда въ Вѣнѣ. Каждый изъ присутствовавшихъ предложилъ нѣсколько именъ, которыя казались ему наиболее подходящими, такъ что окончательный выборъ пришлось дѣлать изъ 30 именъ. Послѣ нѣкоторыхъ обсужденій были выбраны слѣдующія имена: Медей, Клеопатра, Бланка и Гусельда. Послѣ этого засѣданія былъ устроенъ торжественный обѣдъ, на которомъ былъ поднятъ бокалъ за то, чтобы эти только-что получившія имена планеты въ будущемъ не были потеряны.

Съ открытій планеты 227), по счету четырнадцатой изъ найденныхъ, начиная съ 1872 года, братьями Анри, которые въ Парижѣ привяли на себя продолженіе звѣздныхъ картъ Шакарнака, закончилась ихъ полезная дѣятельность въ этомъ направленіи, такъ какъ они вскорѣ послѣ того обратились къ другимъ областямъ астрономіи. Они назвали планету 221), Философій и такимъ образомъ ввели новый принципъ, на основаніи котораго въ именахъ планетъ увѣковѣчивается на побѣ научныя дисциплины. Къ этому же разряду можно отнести имена планетъ 256) и (275), которыя были названы соответственно Юстиціей и Сципиціей.

18 августа 1884 года Пализа открылъ планету 239), получившую имя Адрастея. Съ этимъ открытіемъ число новыхъ астероидовъ, найденныхъ этимъ неутомимымъ ловцомъ планетъ достигло 43, и онъ, такимъ образомъ, превзошелъ профессора Петерса въ Клинтонѣ, который съ 3 июня 1875 года считался наиболее плодовитымъ открывателемъ астероидовъ и которого американцы называли «the leading discoverer of Asteroids». Въ свою очередь, Петерсъ, открывъ 3 июня 1875 года въ одну ночь сразу двѣ планеты, отбилъ первенство у своего прежняго соперника Р. Лютера.

Послѣднюю въ 1884 году планету открылъ Пализа. Это была планета (244), Сита, приналежащая вѣсѣтъ съ Медузою къ такимъ астероидамъ, для которыхъ среднее разстояніе отъ солнца обладаетъ наименьшей величиной. Въ 1885 году всего было открыто 9 новыхъ астероидовъ, и заключительное открытіе было сдѣлано опять-таки Пализой. Именно, онъ въ концѣ 1885 года наблюдалъ планету, которую долгое время считалъ Уриной, но въ концѣ концовъ оказалось, что это была новая планета (253), которая и сегодня гонима Матильдой. Такимъ образомъ, Пализа, получившій нѣсколько наблюденій Матильдой, некоторое время вовсе и не подозревалъ, что онъ открылъ уже пятидесятую планету.

Для насъ значительный интересъ представляютъ обстоятельства, сопровождавшія открытіе планетъ 274) и 275), получившихъ имена Философій и Сципиціи. Обѣ эти планеты были

открыты случайно, во время поисковъ планеты (26), Вальды. Поиски эти были начаты 12 марта 1888 года. Новый осмотръ той части неба, которая была зарисована въ этотъ вечеръ, могъ быть произведенъ вслѣдствіе дурной погоды только 20 марта, причѣмъ было уставовлено, что исчезла звѣздочка 12-ой или 13-ой величины, которая не могла быть тождественна съ отыскиваемой Вальдой. Между тѣмъ снова была зарисована большая часть неба около того мѣста, гдѣ, по предположенію, должна была находиться въ этотъ день планета. При новомъ сравненіи этой карты съ небомъ 3 апрѣля оказалось, что на ней находился новый астероидъ, отличный отъ того, который былъ нанесенъ на карту 12 марта. Этотъ-то новый астероидъ впоследствии и получилъ имя Филаторіи. При дальнѣйшихъ поискахъ Вальды Пализа не могъ найти ни этой послѣдней, ни того астероида, который былъ нанесенъ на карту 12 марта и который, слѣдовательно, былъ потерянъ гогчасъ же послѣ открытія, но зато ему посчастливилось при этомъ открыть еще новую планету, которая и была названа Сипіенціей. Такимъ образомъ, на этотъ разъ Вальда не была отыскана, но зато поиски этой планеты ознаменовались открытіемъ трехъ новыхъ астероидовъ.

Точно также и планета (179) была открыта не благодаря спеціальнымъ поискамъ новыхъ планетъ, а благодаря поискамъ потерянной планеты (26), Вальдурги. Съ этою цѣлью 28 сентября 1888 года была зарисована карта определенной части неба, и когда въ слѣдующій благоприятный для наблюденій вечеръ, именно 24 октября, карта снова была сравнена съ небомъ, то оказалось, что на ней не исчезла ни одна изъ нанесенныхъ на нее звѣздъ, но зато, наоборотъ, на небѣ появилась новая, крайне слабая звѣздочка, и вслѣдствіе обнаружившагося у нея на другой же вечеръ собственнаго движенія не оставалось никакого сомнѣнія, что это была новая планета.

Вновь открытое небесное тѣло скорѣе оказалось однимъ изъ интереснѣйшихъ астероидовъ, которые были извѣстны въ то время. Его медленное движеніе среди неподвижныхъ звѣздъ указывало на то, что оно должно принадлежать къ отдаленнѣйшимъ членамъ этой группы, и въ скоромъ времени первыя вычисленія элементовъ его орбиты вполне подтвердили это предположеніе. Ея большая полуось, выраженная въ общепринятыхъ въ астрономіи единицахъ длины, равняется 4,263, что на 0,306 превосходитъ большую полуось орбиты Гильды, равную 3,957. Выражая эту разность въ километрахъ, находимъ, что большая полуось орбиты вновь открытой планеты круглымъ числомъ на 45 миллионовъ километровъ превосходитъ большую полуось Гильды. Время обращенія новаго астероида около солнца составляетъ 8,80 лѣтъ, между тѣмъ какъ Гильда описываетъ полный кругъ около солнца въ 7,87 лѣтъ, ближайшіе же къ солнцу астероиды Медуса и Сита совершаютъ полный оборотъ около центрального тѣла всего только въ 3,21 года. Поэтому Пализа далъ новой планетѣ, представляющей, такъ сказать, границу группы астероидовъ, имя Туле, такъ какъ въ древности этимъ именемъ обозначался, какъ извѣстно, конецъ міра.

Если мы открываемъ планеты Туле обязаны, какъ это легко усмотрѣть изъ выше-изложеннаго, тому обстоятельству, что долгое время была пасмурная погода, то еще болѣе замѣчательному случаю обязаны мы открытію астероида (28), названнаго Филей. Съ цѣлью облетчить отысканіе планеты Оппави во время оппозиціи, имѣвшей мѣсто въ концѣ 1888 года, Берберихъ въ Берлинѣ вычислилъ ея эфемериду, которую письменно сообщилъ астрономамъ вѣнской обсерваторіи. Пализа дѣйствительно нашелъ 29 октября, недалеко отъ предвычисленнаго мѣста, звѣздочку съ собственнымъ движеніемъ, которую онъ вслѣдствіе этого по весьма понятнымъ причинамъ и принялъ за Оппавию. Однако движеніе новой планеты въ теченіе слѣдующихъ дней ясно показало, что это не могла быть Оппавія; изъ переноски же съ Берберихомъ по этому поводу оказалось, что сообщенное имъ въ первомъ письмѣ склоненіе Оппави, вслѣдствіе опіски, было невѣрно на одинъ градусъ. Когда эта ошибка была исправлена, то Оппавія безъ всякаго труда была найдена на соответственномъ мѣстѣ. Такимъ образомъ простая опіска привела къ открытію новой планеты.

Въ 1889 г. Шарлуа въ Ниццѣ открываетъ 4 новыхъ астероида 12—13-ой величины и, такимъ образомъ, вступаетъ въ ряды плодовитыхъ открывателей планетъ: число планетъ, открытыхъ имъ за 2 года, достигло 7. Последнее открытіе въ 1889 году Шарлуа сдѣлалъ 3 августа, и въ этотъ же вечеръ Пализа также открылъ новую планету, причемъ оба открытія были сдѣланы почти въ одинъ и тотъ же часъ, такъ что только послѣ ознакомленія съ подробностями и послѣ установленія точнаго времени каждаго изъ этихъ открытій можно было рѣшить, которой изъ этихъ двухъ планетъ долженъ быть присвоенъ знакъ (285) и которой — знакъ (286). Этотъ послѣдній номеръ пришелся на долю планеты, открытой Пализой.

Въ 1889 году рядъ открытій астероидовъ былъ заключенъ открытіемъ необыкновенно яркой планеты (287), Пестисъ, которая была замѣчена 25 августа Петерсомъ въ Клингонѣ. Это было его послѣднее открытіе, такъ какъ 19 іюля 1890 года этотъ неутомимый работникъ на поприщѣ науки внезапно скончался отъ удара на 77-мъ году жизни. Астрономія обязана ему, кромѣ открытія 48 астероидовъ, нѣсколькихъ планетъ и многихъ переменныхъ звѣздъ, также цѣлымъ рядомъ другихъ важныхъ работъ, изъ которыхъ мы упоминаемъ только объ его эклиптикальныхъ картахъ; кромѣ того, за смертью ему не удалось довести до конца большого числа уже начатыхъ цѣнныхъ изслѣдованій. Сюда прежде всего слѣдуетъ отнести его весьма многочисленныя наблюденія солнечныхъ пятенъ, каталогъ зодіакальныхъ звѣздъ, заключающій въ себѣ около 75 000 звѣздъ, и задуманное имъ новое изданіе звѣзднаго каталога Птолемея. Что касается этого послѣдняго каталога, то профессоръ Петерсъ, во время своихъ многократныхъ побѣдокъ по Европѣ, не жалѣлъ ни труда, ни денегъ на разыскиваніе во всѣхъ большихъ библіотекахъ необходимыхъ для этого матеріаловъ, нѣкоторые наиболее важныя мѣста различныхъ источниковъ воспроизводилъ фотографически, съ тѣмъ, чтобы путемъ критическаго сравненія текстовъ изъ различныхъ изданій возстановить по возможности правильно первоначальный текстъ самого автора. Необыкновенная способность къ языкамъ въ значительной степени облегчала Петерсу эту работу.

Въ октябрѣ 1890 года число астероидовъ достигло трехсотъ, причемъ астрономы нѣкоторое время даже не подозрѣвали этого. 9 сентября Шарлуа открылъ двѣ планеты (297) и (298), названныя Цецилей и Баптистиной. Последнюю изъ этихъ планетъ ему удалось наблюдать только 9, 10 и 16 сентября, такъ какъ дальнѣйшимъ наблюденіямъ помѣшала луна. 3 октября, недалеко отъ того мѣста, гдѣ должна была находиться Баптистина, Шарлуа снова замѣтилъ малую планету, которую онъ принялъ за Баптистину. Поэтому планета, открытая Пализой 6 октября, была обозначена номеромъ (299).

Дальнѣйшія наблюденія Баптистины Шарлуа, вѣдѣніе своего отъѣзда на нѣкоторое время, предоставилъ Пализѣ, который наблюдалъ эту планету еще 11 и 22 октября. Но при этомъ ему тотчасъ же бросился въ глаза скачокъ въ видимомъ движеніи планеты между 16 сентября и 3 октября съ одной стороны, и 3 и 22 октября съ другой. Однако, онъ не обратилъ должнаго вниманія на этотъ скачокъ и принесъ его своему промаху въ одномъ изъ среднихъ наблюденій. Но предпринятое Верберихомъ опредѣленіе орбиты вскорѣ показало, что въ наблюденіяхъ не было никакого промаха, а вышеупомянутый скачокъ объяснялся тѣмъ, что 3, 11 и 22 октября наблюдалась не та планета, которая была открыта 9 сентября.

Послѣ октябрьскаго полнолунія Пализа и Шарлуа снова предприняли розыски потерянной Баптистины: первый изъ нихъ безъ успѣха, а второй, повидному, съ счастливымъ исходомъ, такъ какъ онъ 14 ноября снова нашелъ планету, которую и принялъ за Баптистину и за которой слѣдилъ до середины декабря. Однако, вычисленіе орбиты этой планеты привело къ неожиданному результату, что это была опять не Баптистина, а другая, равнѣе неизвѣстная планета. Между тѣмъ 16 ноября Пализа на вѣнской обсерваторіи снова открываетъ звѣздочку съ собственнымъ движеніемъ. Но такъ какъ от-

личіе Баптистины отъ планеты, открытой 3 октября, было обнаружено лишь спустя долгое время послѣ открытія планеты, которую замѣтилъ Пализа 6 октября, и такъ какъ то же самое имѣло мѣсто относительно планетъ, найденныхъ 14 и 16 ноября, то Крюгеръ, во избѣжаніе многократной перемѣны нумеровъ, предложилъ въ этомъ случаѣ поступить такъ же, какъ поступали при подобныхъ обстоятельствахъ иногда и раньше, а именно: для планетъ 6 октября и 16 ноября сохранить нумера (290) и (301), а планеты 3 октября и 14 ноября обозначить нумерами (300) и (302), что и было принято всеми астрономами.

Съ середины ноября 1890 года, вслѣдствіе необыкновенно длинной и пасмурной зимы, наступило, такъ сказать, затишье; но зато въ продолженіе слѣдующей весны, именно съ 12 февраля по 11 юня, было открыто 9 новыхъ астероидовъ. Еще болѣе сильное увеличеніе числа малыхъ планетъ произошло въ теченіе прекрасныхъ осеннихъ мѣсяцевъ, когда въ теченіе шести недѣль, съ 28 августа по 15 октября, Шарлуа и Пализа открыли 10 астероидовъ, такъ что 1891-міи годъ, если присчитать еще двѣ планеты, найденныя поздно осенью, превзошелъ по богатству вновь открытыхъ астероидовъ всѣ предшествующіе годы. Въ концѣ этого года число малыхъ планетъ возросло до 323, между тѣмъ какъ на 50 лѣтъ раньше ихъ было известно только 4.

§ 68. **Краткій обзоръ предыдущаго.** 1891 годъ является въ исторіи открытій астероидовъ не менѣе замѣчательнымъ, чѣмъ и 1845 годъ. Поэтому мы воспользуемся этимъ случаемъ, чтобы сдѣлать краткій обзоръ предыдущаго.

При внимательномъ разсмотрѣніи таблицъ, приложенныхъ въ концѣ книги, мы замѣчаемъ, что въ теченіе 3 послѣднихъ пятилѣтій, считая назадъ отъ 1891 года, открытія астероидовъ дѣлались, главнымъ образомъ, сначала Петерсомъ и Пализой, а затѣмъ, послѣ смерти перваго изъ нихъ, Пализой и Шарлуа. Такимъ образомъ, въ теченіе этой эпохи не только любители астрономіи, но даже вообще астрономы-специалисты, за весьма немногими исключениями, не принимали никакого участія въ открытіяхъ малыхъ планетъ. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что наиболѣе яркіе члены этой группы почти всѣ уже были найдены, и въ большемъ числѣ было возможно открывать только болѣе слабыя планеты, отысканіе которыхъ, съ одной стороны, само по себѣ было болѣе затруднительно, а съ другой стороны, требовало инструментовъ большой оптической силы, которые даже въ настоящее время находятся въ распоряженіи лишь весьма немногихъ астрономовъ. Такъ, Темпель съ помощью своей слабой трубы, которая, какъ мы выше упоминали, не была снабжена даже простѣйшимъ приспособленіемъ для взмѣреній, могъ съ успѣхомъ открывать малыя планеты только до тѣхъ поръ, пока число ихъ не достигло 100. Нѣчто подобное случилось и съ ветераномъ въ этой области, профессоромъ Лютеромъ, который въ серединѣ XIX-го столѣтія одинъ изъ первыхъ поставилъ себѣ задачей систематическое отысканіе новыхъ планетъ. Съ 17 апрѣля 1852 года до 27 сентября 1873 года онъ открылъ 20 астероидовъ и съ 1865 года до середины 1875 года считался самымъ плодовитымъ открывателемъ малыхъ планетъ, а послѣ этого долженъ былъ уступить первенство Петерсу. Что онъ при отысканіи астероидовъ не могъ болѣе равняться съ Петерсомъ и съ болѣе молодымъ своимъ соперникомъ Пализой, это объясняется опять исключительно недостаточностью вспомогательныхъ средствъ, находившихся въ его распоряженіи. Именно, Лютеръ до 1883 года работалъ съ инструментомъ, объективъ котораго имѣлъ отверстіе въ 11 сантиметровъ и который даже не былъ снабженъ параллактической установкой, между тѣмъ какъ Петерсъ располагалъ трубой съ отверстіемъ объектива въ 34 сантиметра, а Пализа, хотя и имѣлъ вначалѣ въ своемъ распоряженіи трубу съ объективомъ въ 16 сантиметровъ, зато наблюдалъ въ Полѣ подъ чистымъ южнымъ небомъ. Въ 1884 году Лютеръ получилъ болѣе сильную трубу и съ помощью нея въ слѣдующіе годы онъ снова открылъ нѣсколько новыхъ астероидовъ, но вскорѣ и эта труба оказалась слишкомъ слабой для такой цѣли. Въ послѣдніе годы разсматриваемаго нами періода даже

астрономы марсельской обсерватории, которые раньше принимали дѣятельное участіе въ открытіяхъ малыхъ планетъ, не могли болѣе выдерживать соперничества съ астрономами вѣнской и ницкой обсерваторій, жившими въ своемъ распоряженіи болѣе могущественные инструменты.

съ 1815 года до конца 1851 года къ 4 старымъ астероидамъ прибавилось еще только 11 новыхъ членовъ этой группы небесныхъ тѣлъ. Распределение же числа открытій по годамъ въ теченіе слѣдующихъ 40 лѣтъ представлено въ нижеслѣдующей табличкѣ.

Годъ	Число.	Годъ	Число	Годъ	Число.	Годъ	Число.	Годъ	Число.	Годъ	Число.
1852	8	1859	1	1866	6	1873	6	1880	8	1887	7
1853	4	1860	5	1867	4	1874	6	1881	1	1888	10
1854	6	1861	10	1868	12	1875	17	1882	11	1889	6
1855	4	1862	5	1869	2	1876	12	1883	4	1890	15
1856	5	1863	2	1870	3	1877	10	1884	9	1891	21
1857	9	1864	3	1871	5	1878	12	1885	9		
1858	5	1865	3	1872	11	1879	20	1886	11		

Распредѣляя открытія малыхъ планетъ по десятилѣтіямъ, мы получаемъ слѣдующія числа:

съ 1852 до 1861 года	открыто 57 астероидовъ
» 1862 » 1871 »	» » 45 »
» 1872 » 1881 »	» » 103 »
» 1882 » 1891 »	» » 103 »

Вслѣдствіе чрезмѣрно быстраго увеличенія числа малыхъ планетъ, съ теченіемъ времени все болѣе и болѣе возникало опасеніе потерять вновь открытыя небесныя тѣла. Дафна, которая была открыта въ 1856 году Гольдшмидтомъ, представляетъ первый примѣръ планеты, потерянной тотчасъ послѣ своего открытія. Выше мы видѣли, что случаи потери вновь открытыхъ астероидовъ встрѣчались вообще нерѣдко, такъ что такіе астероиды дѣлались постоянными членами солнечной системы лишь послѣ вторичнаго ихъ открытія; нѣкоторые же изъ малыхъ планетъ еще и до сихъ поръ ожидаютъ своего вторичнаго открытія. Среди первыхъ 300 астероидовъ число планетъ, потерянныхъ тотчасъ послѣ открытія, равно 12, причемъ на первую сотню приходится только одна такая планета, именно Дике, на вторую — 6 и на третью — 5. Число наблюдателей и вычислителей на различныхъ обсерваторіяхъ съ теченіемъ времени оказалось совершенно недостаточнымъ въслѣдствіе чрезмѣрнаго увеличенія работы, связанной съ открытіемъ новыхъ планетъ и съ собираніемъ наблюденій этихъ небесныхъ тѣлъ, и поэтому часто приходилось довольствоваться опредѣленіемъ лишь небольшого числа положеній новыхъ астероидовъ и, слѣдовательно, лишь приближеннымъ вычисленіемъ ихъ элементовъ. Въслѣдствіе сильныхъ возмущеній, происходящихъ въ движеніи этихъ небесныхъ тѣлъ, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ Юпитера, и въслѣдствіе сравнительной близости ихъ къ землѣ, отчего всякое измѣненіе въ ихъ положеніи становится весьма замѣтнымъ для наблюдателя, отысканіе этихъ и безъ того доступныхъ обыкновенно только большимъ инструментамъ небесныхъ тѣлъ дѣлается крайне затруднительнымъ особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда во время нѣсколькихъ оппозицій планета совершенно не наблюдалась или когда во время ея перваго появленія было собрано недостаточное число наблюденій. Въслѣдствіе этого отъ вычислителей требовались необыкновенныя напряженія и осторожность, чтобы, несмотря на недостаточный матеріалъ, съ болѣе или менѣе удовлетворительною точностью указать на вѣбѣ то мѣсто, гдѣ слѣдовало искать планету при новомъ ея появленіи. Поэтому въ астрономіи возникла новая весьма трудная задача — предвычисленіе положеній изъ такихъ небесныхъ тѣлъ, которыя были потеряны тотчасъ послѣ открытія, или же такихъ, отысканіе

которыхъ для послѣдующихъ появленій представлялось болѣе или менѣе сомнительнымъ. Такихъ примѣровъ выше мы видѣли достаточно много.

При отысканіи потерянныхъ планетъ приходилось зарисовывать значительныя части неба и составленныя такимъ образомъ карты сравнивать время-отъ-времени съ небомъ. Вслѣдствіе этого все чаще и чаще стали повторяться рѣдкіе въ началѣ случаи, что при такихъ поискахъ астрономы наталкивались на новыя планеты; кромѣ того, неоднократно случалось, что при этомъ отыскиваемого астероида найти не могли, но зато открывали нѣсколько новыхъ планетъ. Такъ, въ теченіе послѣдняго десятилѣтія, довольно значительная часть астероидовъ была обязана своимъ открытіемъ не специальнымъ поискамъ новыхъ планетъ, а пошаткамъ снова отыскать уже ранѣе открытыя планеты. Впрочемъ, вѣнской обсерваторіи и особенно астроному Паллизъ мы обязаны не только открытіемъ большого числа планетъ этой многочисленной группы планетъ, но также и тѣмъ обстоятельствомъ, что за послѣдніе годы, какъ это ясно изъ вышесказаннаго, число потерянныхъ астероидовъ, несмотря на огромное увеличеніе общаго ихъ числа, было сравнительно весьма невелико. Въ самомъ дѣлѣ, вѣнская обсерваторія поставила себѣ цѣлью по возможности долѣе слѣдить за всеми вновь открытыми астероидами съ тѣмъ, чтобы какъ для вычислителей, такъ и для наблюдателей, довести до минимума непроизводительную трату времени, сопряженную съ отысканіемъ планетъ, недостаточно долго наблюдавшихся во время своего перваго появленія.

Быстрое увеличеніе числа астероидовъ уже неоднократно обусловливало также измѣненія въ способѣ обработки ихъ наблюденій. Именно, когда въ серединѣ XIX столѣтія открытія астероидовъ стали повторяться весьма часто, берлинская обсерваторія и редакція астрономическаго ежегодника «*Berliner Jahrbuch*» взяли на себя весьма трудную задачу своевременнаго опредѣленія элементовъ новыхъ астероидовъ и предвычисленія положенія этихъ небесныхъ тѣлъ для будущихъ появленій. Указаннымъ образомъ эти ученые учрежденія, при дружественномъ содѣйствіи большого числа молодыхъ астрономовъ, въ теченіе 20-ти лѣтъ напрягали все свои силы, чтобы удовлетворить справедливымъ требованіямъ въ этомъ отношеніи. Но когда въ началѣ семидесятихъ годовъ число астероидовъ достигло приблизительно 150, лицамъ, удѣлявшимъ на упомянутыя вычисления по большей части лишь свое свободное отъ обязательныхъ занятій время, не было болѣе никакой возможности одолѣвать такой огромный матеріалъ. Поэтому слѣдуетъ весьма высоко цѣнить щедрость прусскаго правительства, которое въ 1873 г. основало особый Вычислительный Институтъ, главнымъ образомъ, съ цѣлью обработки наблюденій астероидовъ.

Этотъ Вычислительный Институтъ, кромѣ помѣщаемыхъ въ астрономическомъ ежегодникѣ «*Berliner Jahrbuch*» вычисленій, относящихся къ старымъ астероидамъ, начиная съ 1874 г., сталъ издавать два раза въ мѣсяцъ особые циркуляры, въ которыхъ сопоставлялись все новѣйшія наблюденія астероидовъ, а также давались элементы и эфемериды вновь открытыхъ малыхъ планетъ. Это не только существеннымъ образомъ облегчало возможность слѣдить за новыми планетами, но также только при одномъ взглядѣ на произведенныя наблюденія позволяло рѣшить вопросъ о томъ, для какихъ изъ астероидовъ были бы особенно желательны дальнѣйшія наблюденія. Однако, силъ и средствъ Вычислительнаго Института для постоянной подробной обработки наблюденій всѣхъ астероидовъ хватало также ненадолго. Съ теченіемъ времени все чаще и чаще приходилось подробныя вычисления предѣлывать только или для новыхъ астероидовъ, или для тѣхъ, орбиты которыхъ были опредѣлены съ значительною точностью, съ тѣмъ, чтобы сдѣлать возможными наблюденія этихъ планетъ, необходимыя для вывода поправокъ ихъ элементовъ. Для старыхъ же, уже извѣстныхъ астероидовъ, напротивъ того, давались лишь приближенныя эфемериды, съ цѣлью, чтобы при открытіи какого-нибудь небеснаго тѣла съ собственнымъ движеніемъ можно было рѣшить, представляетъ ли оно дѣйствительно новую планету, или же было извѣстно уже и ранѣе, отъ точнаго же вычисленія возмущеній,

которые они немысливают при своемъ движеніи, и отъ опредѣленія поправокъ элементовъ ихъ орбиты на основаніи новыхъ наблюдений пришлось совершенно отказаться. Вслѣдствіе этого въ настоящее время, за весьма немногими исключеніями, элементы астероидовъ имѣя далеко неизвѣстны съ тою точностью, которая соответствуетъ современному состоянию науки и которая могла бы позволить выполнить различныя теоретическія выкладки, напримѣръ, опредѣленіе массы Юпитера. Чтобы положить конецъ такому нежелательному явленію, редакция ежегодника «*Verhiet Jahrbuch*» рѣшилась прежде всего подвергнуть подробной обработкѣ уже имѣющийся на лицо матеріалъ для тѣхъ планетъ, которыя представляютъ особенный интересъ или въ теоретическомъ отношеніи, или по какимъ-нибудь другимъ причинамъ, на остальные же планеты, а также на вновь открываемыя астероиды въ настоящее время обращается вниманіе лишь постольку, поскольку это представляется необходимымъ и желательнымъ для другихъ важныхъ астрономическихъ изслѣдованій. Поэтому, начиная съ 1890 г., было прекращено изданіе вышеупомянутыхъ циркуляровъ и вычисленіе годовыхъ эфемеридъ малыхъ планетъ, и въ настоящее время дается только положеніе астероидовъ для момента оппозиціи, а также приближенное суточное движеніе ихъ и яркость для того же момента. Наконецъ, точныя и подробныя вычисленія делаются, главнымъ образомъ, только для слѣдующихъ планетъ:

1) для такихъ, которыя весьма близко подходятъ къ землѣ и потому особенно пригодны для опредѣленія солнечнаго параллакса;

2) для такихъ, которыя подходятъ весьма близко къ Юпитеру и потому могутъ служить для опредѣленія массы этой планеты;

3) для такихъ, времена обращенія которыхъ соизмѣрны съ временемъ обращенія Юпитера, такъ какъ ихъ движеніе представляетъ весьма важное значеніе для теоріи такъ называемыхъ абсолютныхъ возмущеній;

4) для такихъ, которыя могутъ достигать значительной яркости и потому представляющаго большой интересъ и огромную важность для фотометрическихъ цѣлей.

Вышеизложенныя мѣропріятія, повидимому, повлекли за собою совершенно неожиданныя послѣдствія. Какъ только эти мѣропріятія стали приводиться въ исполненіе, тотчасъ же оросилось въ глаза, что число открытій новыхъ астероидовъ сравнительно съ среднимъ числомъ этихъ открытій за послѣднее десятилѣтіе болѣе чѣмъ удвоилось. Вѣроятное объясненіе этого обстоятельства заключается въ слѣдующемъ. Отсутствие точныхъ эфемеридъ для старыхъ планетъ затрудняло, а иногда даже дѣлало совершенно невозможнымъ наблюденіе ихъ, поэтому «ловцы» малыхъ планетъ должны были употреблять на отысканіе новыхъ планетъ гораздо больше времени и труда, чѣмъ прежде, а вслѣдствіе этого также и открывали планетъ гораздо больше, чѣмъ раньше. Съ другой стороны, нельзя было не предвидѣть, что вслѣдствіе такого положенія дѣлъ состояніе этой области астрономіи въ теченіе короткаго времени сдѣлается еще болѣе неудовлетворительнымъ. Поэтому международное астрономическое общество въ 1891 г., во время своего собранія въ Мюнхенѣ, подвергло этотъ вопросъ подробному обсужденію. Но предварительныя переговоры и работы въ этомъ направленіи не получили полного своего развитія, такъ какъ вскорѣ послѣ этого къ отысканію астероидовъ была примѣнена фотография, и вполне понятно, что не слѣдовало предпринимать ничего новаго для болѣе удовлетворительнаго рѣшенія разсматриваемаго здѣсь вопроса до тѣхъ поръ, пока не будетъ вполне испытана пригодность фотографии къ отысканію астероидовъ.

**Третій періодъ въ исторіи открытій астероидовъ.** Въ концѣ 1891 г. къ отысканію новыхъ астероидовъ была примѣнена фотография, и вмѣстѣ съ этимъ, наступить долженъ былъ третій въ исторіи открытій этихъ небесныхъ тѣлъ. Впрочемъ, уже и раньше неоднократно бѣднѣлись попытки отысканія потерянныхъ астероидовъ при помощи фотографии и иногда съ полнымъ успѣхомъ. Такъ, напримѣръ, В. Робертсъ въ 1886 г.



этимъ способомъ снова ищется планета Сафо, которая не наблюдалась уже во время нѣсколькихъ оппозицій. Астрономическія трубы, употреблявшіяся въ то время для небесной фотографии, вследствие большого фокуснаго разстоянія (часть IV), были мало пригодны къ отысканію новыхъ планетъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ на фотографической пластинкѣ получалась сравнительно небольшая часть неба. Заслуга введенія въ употребленіе для этой цѣли обыкновенныхъ фотографическихъ объективовъ принадлежитъ гейдельбергскому астроному Макеу Вольфу, который, вмѣстѣ съ тѣмъ, первый предпринялъ систематическое отыскиваніе астероидовъ помощью фотографии. Благодаря употребленію короткофокусныхъ трубъ не только является возможность снимать заразъ довольно значительныя части



Рис. 121.

неба, но получается также и другая выгода, состоящая въ сокращеніи времени экспозиціи. И действительно, напряженность дѣйствія химическихъ лучей на чувствительную пластинку зависитъ не отъ величины объектива, а исключительно отъ отношенія свободнаго отверстія объективу къ фокусному разстоянію, два объектива различныхъ размѣровъ, но такіе, для которыхъ это отношеніе одно и то же, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку одинаково быстро. Разница заключается только въ томъ, что при большемъ объективѣ и изображенія на фотографической пластинкѣ имѣютъ большіе размѣры, при этомъ, если объективъ фотографической трубы увеличивается вдвое, то и размѣры изображенія увеличиваются также вдвое, такъ что, напримѣръ, разстояніе между двумя звѣздами на пластинкѣ въ такомъ случаѣ дѣлается въ два раза больше. Поэтому съ увели-

числѣмъ объектива облегчается только измѣрене пластинокъ и распознаваніе различныхъ измѣненій, которыя произошли во время экзпозиции.

Отысканіе астероидовъ при помощи фотографіи производится слѣдующимъ образомъ. Чувствительная пластинка экзпонируется въ теченіе одного или двухъ часовъ, причемъ объективъ бываетъ постоянно направленъ на одну и ту же точку неба. Это достигается тѣмъ, что фотографическій аппаратъ, помощью часового механизма, приводится въ движеніе, согласное съ движеньемъ небесной сферы, между тѣмъ какъ наблюдатель время-отъ-времени контролируетъ ходъ часового механизма, пользуясь для этого зрительной трубой, неизменно соединенной съ фотографическимъ аппаратомъ и, слѣдовательно, вмѣстѣ съ нимъ совершающей равномерное движеніе. Въ случаѣ небольшихъ неправильностей въ ходѣ часового механизма, при помощи особахъ приспособленій возможно дѣлать соответственныя исправленія. Поэтому лучи, идущіе отъ неподвижныхъ звѣздъ, постоянно дѣйствуютъ на одни и тѣ же мѣста фотографической пластинки, и на этихъ мѣстахъ получается изображеніе звѣздъ въ видѣ кружечковъ большихъ или меньшихъ размѣровъ, въ зависимости отъ ихъ яркости, напротивъ того, изображеніе астероида, перемѣщающагося среди неподвижныхъ звѣздъ, имѣетъ видъ линіи. \* На рисункѣ 131 изображена малая планета  $\beta$  (Сера, открытая фотографическимъ путемъ Максомъ Вольфомъ въ Гейдельбергѣ. Фотографическая пластинка экзпонировалась въ теченіе 2-хъ часовъ. Наиболее яркія звѣзды сняты на этой пластинкѣ, 9—10-ой величины, самъ астероидъ—12-ой величины. — Какъ какъ въ случаѣ малой планеты дѣйствіе свѣга на чувствительную пластинку не концентрируется въ одной точкѣ, но распределяется на цѣлую линію, то яркѣйшія яркости звѣздъ и астероидовъ, получающихся на пластинкѣ, весьма различны, причемъ для малыхъ планетъ имѣютъ мѣсто, какъ нетрудно понять, менѣе благоприятныя условія. Поэтому при такого рода изслѣдованіяхъ необходимо употреблять объективы, дѣйствующие по возможности быстро. Согласно съ вышесказаннымъ, для этой цѣли наиболее пригодны короткофокусные объективы. Впрочемъ, въ теченіе одной и той же ночи или, еще лучше, въ одну изъ послѣдующихъ ясныхъ ночей рекомендуется сдѣлать второй снимокъ той же части неба, чтобы случайный дефектъ фотографической пластинки не принять за новую планету и, чтобы, съ другой стороны, по возможности точно опредѣлить суточное движеніе астероида.

Съ вышесказаннымъ фотографическо методъ способъ отысканія астероидовъ приняты, какъ мы видѣли, совершенно новую форму. Прежде для этой цѣли предпринималось требующее большого труда сравненіе неба съ весьма точной звѣздной картой соответственной части небесной сферы. При этомъ новую планету можно было узнать по отсутствію звѣзды на картѣ въ томъ мѣстѣ, которое соответствуетъ положенію планеты. Чтобы вполнѣ убѣдиться, что замѣненное свѣтло есть планета, необходимо было по возможности въ ту же ночь, на основаніи дальнѣйшихъ наблюденій, опредѣлить также ея перемѣщеніе среди неподвижныхъ звѣздъ. Теперь же, когда на помощь астрономіи пришла фотографія, отысканіе астероидовъ астероидомъ производится въ сущности въ своемъ кабинетѣ, причемъ ему приходится только тщательнѣо изслѣдовать, нѣтъ ли на фотографической пластинкѣ небольшихъ штриховъ.

Первые предварительные опыты фотографирования неба короткофокусными объективами были сдѣланы Максомъ Вольфомъ осенью 1891 года, и послѣ того, какъ онъ убѣдился въ пригодности такихъ объективовъ для указанной цѣли, онъ приступилъ, въ серединѣ декабря, къ отысканію планеты Цереры, которая со времени своего открытія въ 1888 году еще ни разу не наблюдалась. Онъ выбралъ эту планету главнымъ образомъ по тому, что въ это время свѣто открытія была сравнительно яркой, именно десятой величины, и, на основаніи изчисленій, во время оппозиціи въ 1891 году она должна была опять достигнуть приблизительно той же самой яркости, такъ что въ этомъ случаѣ съ нѣкоторой вѣроятностью можно было рассчитывать на счастливый исходъ поисковъ. И действительно 22

декабря ему удалось снова отыскать планету, но вбродно вследствие небольшой ошибки въ вычисленіяхъ предвычисленное положеніе планеты значительно отличалось отъ наблюдаемаго, такъ что отысканіе Сашенци во время этой оппозиціи, особенно вследствие ея положенія среди млечнаго пути, по прежнему способу было бы совершенно невозможно. Одновременно съ Сашенціей на той же самой пластинкѣ была сфотографирована еще другая новая планета, которая, между прочимъ, была послѣдней изъ открытыхъ въ 1891 году. Она была обозначена номеромъ (323) и была названа Бруціей въ воспоминаніе о великихъ заслугахъ, которыя миссъ Брюсъ (Vigee) изъ Нью-Йорка оказала своими щедрыми пожертвованіями различнымъ астрономическимъ изслѣдованіямъ; но съ тѣхъ поръ эта планета болѣе не наблюдалась.

Отыскиваніе новыхъ планетъ на фотографической пластинкѣ и измѣреніе ихъ положенія — это весьма трудная и требующая много времени работа, такъ что на нее легко можно потратить нѣсколько дней. Поэтому, если ясная погода продолжалась довольно долго и въ это время удалось получить значительное число фотографическихъ пластинокъ, то изслѣдованіе ихъ никогда не можетъ быть произведено наблюдателемъ такъ же быстро, какъ сами наблюденія. Нерѣдко изслѣдовать фотографическія пластинки удается только черезъ нѣсколько дней, а иногда даже черезъ нѣсколько недель послѣ того, какъ онѣ были сняты, вследствие чего отысканіе уже имѣющихея на пластинкахъ астероидовъ естественнымъ образомъ сильно замедляется. Поэтому весьма понятно, что при обозначеніи астероидовъ по установленному обычаю номерами, показывающими хронологическій порядокъ ихъ открытія, пришлось бы весьма часто мѣнять эти номера, и это тѣмъ болѣе могло служить источникомъ многочисленныхъ ошибокъ, что съ примѣненіемъ фотографіи къ отысканію астероидовъ число открытій этихъ тѣлъ неизмѣрно возросло. Указанныя неудобства обратили на себя вниманіе астрономовъ тогда же послѣ первыхъ открытій астероидовъ помощью фотографіи, и это побудило издателя журнала «*Astronomische Nachrichten*», въ согласіи съ директоромъ Вычислительнаго Института, ввести для вновь открытыхъ планетъ обозначеніе большими буквами латинскаго алфавита *A, B, C*..., просто по порядку полученія извѣстій объ ихъ открытіи. Окончательное же обозначеніе номеромъ дѣлалось только тогда, когда на основаніи значительнаго числа наблюденій днтой планеты можно было вывести заключеніе, что она не представляетъ собою той или другой изъ прежнихъ потерянныхъ планетъ. Кроме того, тѣ планеты, для которыхъ не удавалось получить достаточно числа наблюденій и для которыхъ, следовательно, нельзя было опредѣлять болѣе или менѣе надежныхъ элементовъ, совсѣмъ не получали никакого номера. При примѣненіи фотографіи къ отысканію малыхъ планетъ это ограниченіе является вполнѣ необходимымъ, такъ какъ нерѣдко пасмурная погода мѣшала получить второй снимокъ той части неба, гдѣ была открыта планета, и это въ сильной степени затрудняло вторичное отысканіе такой планеты въ виду того, что о ея суточномъ движеніи на основаніи одной фотографической пластинки нельзя вывести никакого заключенія. Вследствіе этого вначалѣ, когда астрономы въ этомъ направленіи еще не приобрѣли надлежащаго опыта, многія планеты, найденныя при помощи фотографіи, послѣ полученія перваго снимка обыкновенно болѣе не наблюдались и такимъ образомъ тогда же послѣ открытія попадали въ разрядъ потерянныхъ.

Новый способъ предварительнаго обозначенія былъ введенъ въ употребленіе во второй половинѣ августа 1892 года. Между тѣмъ въ это время профессоръ Максъ Вольфъ, при помощи своего фотографическаго инструмента (рис. 132), успѣлъ открыть 17 новыхъ астероидовъ, считая въ томъ числѣ и Бруцію. Изъ этихъ планетъ одна впоследствии оказалась Бангитиной, а изъ остальныхъ только для пяти было получено достаточно число наблюденій, чтобы можно было съ удовлетворительною точностью опредѣлить ихъ орбиты. Такимъ образомъ только эти пять планетъ получили соответственные номера, остальные же 11 остались безъ всякаго обозначенія. Поэтому эти послѣднія 11 планетъ для насъ

въ полномъ смыслѣ слова совершенно потеряны, между тѣмъ какъ впоследствии, когда было введено предварительное обозначеніе астероидовъ буквами латинскаго алфавита, эти буквы могли служить воспоминаніемъ о такихъ планетахъ, которыя наблюдались недостаточное число разъ.

Сначала имѣлось въ виду съ каждымъ новымъ годомъ употреблять латинскій алфавитъ для обозначенія планетъ опять съ первыхъ буквъ *A, B, C*. Но уже въ 1893 году оказалось, что въ теченіе одного года одного алфавита даже можетъ не хватить. Поэтому, во избежаніе какихъ бы то ни было недоразумѣній, въ томъ же 1893 году согласились по окончаніи перваго алфавита воспользоваться для предварительнаго обозначенія астероидовъ вторымъ, но уже двойнымъ, а именно: *AA, AB, AC* и т. д. Когда и этого алфавита не хватаетъ, то прибѣгаютъ къ новому двойному алфавиту, причемъ на первомъ мѣстѣ стоитъ буква *B*, а именно: *BA, BB, BC* и т. д.

Обстоятельства, при которыхъ открывались до сихъ поръ астероиды при помощи фотографіи, не представляютъ ничего интереснаго, какъ это легко можно понять также и

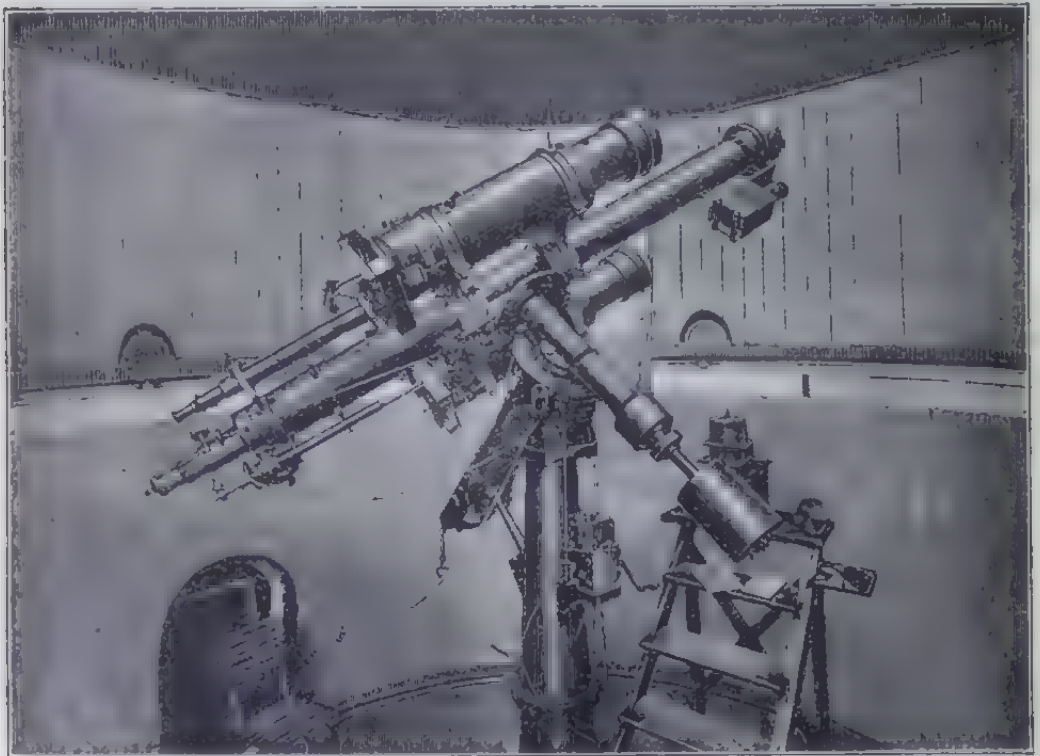


Рис. 132.

изъ вышеизложеннаго. Поэтому мы, чтобы не утомлять читателей перечисленіемъ разнообразныхъ сухихъ подробностей, ограничимся лишь нѣсколькими общими замѣчаніями.

Послѣ открытія фотографическимъ путемъ въ концѣ декабря 1891 года Бруціи, въ первой половинѣ 1892 года были открыты опять по прежнему способу, т.-е. черезъ сравненіе звездныхъ картъ съ небомъ, двѣ планеты — одна Паллода, а другая Шарлуа, такъ что число открытій перваго изъ нихъ достигло 83, а втораго 27. Въслѣдъ за этимъ оба эти астронома совершенно отказались отъ отысканія астероидовъ по прежнему способу, который, конечно, не могъ конкурировать съ новымъ. Поэтому по старому способу послѣ этого были открыты еще всего только три планеты: двѣ планеты открылъ Борелли въ

Марсели (одну 5 июля 1893 года и другую 19 ноября 1894 года), и одну планету открыл Бигурданъ въ Парижѣ 24 марта 1894 года.

Спеціальную задачу отысканія астероидовъ при помощи фотографіи до сихъ поръ преслѣдовали только два астронома, Вольфъ и Шарлуа; впрочемъ, планету (303) открылъ сотрудникъ Вольфа — Штаусъ. Но, кромѣ того, при помощи фотографіи было открыто значительное число планетъ случайно. Изъ нихъ двѣ планеты, (189) и (187), были открыты въ Бордо астрономомъ Курти, который дѣлалъ снимки неба для большой звездной карты, составляемой фотографическимъ путемъ; одну открылъ въ Портсмутѣ, въ Америкѣ, Вильсонъ, снимавшій группу Плеядъ съ цѣлю изученія находящихся въ этой группѣ туманностей; наконецъ еще одну нашелъ на фотографической пластинкѣ Робертъ, фотографировавшій туманное пятно, открытое Гершелемъ. Обѣ послѣднія планеты окончательно не были обозначены никакимъ номеромъ, такъ какъ для нихъ не было получено достаточнаго числа наблюденій. Кромѣ того, на фотографическихъ пластинкахъ, которыя братья Апри сняли въ Парижѣ для карты неба въ промежутокъ времени со 2 октября 1891 года до 15 марта 1893 года, оказалось 40 планетъ, и на пластинкахъ, полученныхъ ими же послѣ этого времени, еще четыре. Которыя изъ этихъ планетъ были известны уже раньше и которыя слѣдуетъ считать новыми, это до сихъ поръ еще не изслѣдовано; но, во всякомъ случаѣ, новыя планеты, полученные на этихъ пластинкахъ, мы должны считать потерянными, такъ какъ для каждой изъ нихъ имѣется лишь одно положеніе.

Прежде чѣмъ говорить о планетахъ, открытых Вольфомъ и Шарлуа при помощи фотографіи, мы должны еще замѣтить, что Вольфъ при подробнѣйшемъ тщательномъ изслѣдованіи пластинокъ, полученныхъ имъ съ 28 ноября 1891 года до конца этого года, нашелъ, кромѣ Бруни, еще 6 новыхъ астероидовъ, изъ которыхъ всѣ слѣдуетъ отнести къ числу потерянныхъ, за исключеніемъ одной, снова найденной при помощи фотографіи въ 1893 году. Въ нижеслѣдующей таблицѣ указано, сколько планетъ открыли при помощи фотографіи Вольфъ и Шарлуа въ 4½ года, причемъ числа, помѣщенные въ послѣднемъ столбцѣ, относятся къ такимъ планетамъ, для которыхъ опредѣленіе орбиты было невозможно.

	Вольфъ.	Шарлуа.	Вмѣстѣ.	Опредѣленіе орбиты невозможно.
Съ 28 ноября до 31 декабря 1891 года . . .	7	—	7	5
въ 1892 году . . .	17	11	28	6
> 1893 > . . .	7	26	33	8
> 1894 > . . .	6	11	17	1
Съ 1 января до 31 мая 1895 > . . .	3	2	5	1
Съ 28 ноября 1891 до 31 мая 1895 года . . .	40	50	90	21

Такимъ образомъ, съ конца ноября 1891 года до конца мая 1895 года Вольфъ и Шарлуа открыли при помощи фотографіи 90 астероидовъ. Если къ этому прибавить 4 планеты, открытыя въ то же время другими астрономами также при помощи фотографіи, и 7 планетъ, открытыхъ по старому способу, то число открытій новыхъ планетъ за 3½ года достигаетъ 101, причемъ мы даже не приняли во вниманіе вышеупомянутыхъ 44 астероидовъ, найденныхъ братьями Апри въ Парижѣ. Изъ этихъ 101 астероидовъ только 78 могутъ быть разсматриваемы какъ постоянные члены нашей планетной системы, тогда какъ для остальныхъ 23 по недостатку наблюденій нельзя было опредѣлить даже приближенныхъ элементовъ. Тѣмъ не менѣе, благодаря примѣненію фотографіи къ отысканію астероидовъ, число этихъ небесныхъ тѣлъ въ 1895 году превзошло 400. Нижеприведенная табличка даетъ намъ наглядное представленіе о развитіи нашихъ знаній относительно зоны астероидовъ. Въ этой табличкѣ приведены даты, когда были открыты планеты (1), (61),

(1)	Церера . . . . .	1 января	1801 года
(2)	Немауса . . . . .	22 »	1858 »
(30)	Елена . . . . .	15 августа	1868 »
(31)	Абунданція . . . . .	1 ноября	1875 »
(32)	Пенелопа . . . . .	7 августа	1879 »
(33)	Софія . . . . .	4 октября	1885 »
(34)	Баварія . . . . .	16 ноября	1890 »
(35)	Прза . . . . .	16 декабря	1892 »
(36)	Оттилія . . . . .	16 марта	1895 »
(37)	[1899 ВУ]. . . . .	4 декабря	1899 »

Быстрое увеличеніе числа открытій малыхъ планетъ въ новѣйшее время объясняется исключительно примѣненіемъ фотографіи въ этой области астрономіи. Благодаря той же фотографіи въ настоящее время, когда уже истекло 100 лѣтъ со дня открытія Цереры, число членовъ этой группы дошло до 500.

Благодаря примѣненію фотографіи къ астрономіи, не только было открыто большое число новыхъ астероидовъ, но также были снова найдены нѣкоторыя малыя планеты, которыя ни разу не наблюдались со времени ихъ открытія и которыя безъ помощи фотографіи еще долгое время оставались бы для насъ потерянными. Изъ такихъ планетъ мы прежде всего должны упомянуть Эрриону, Андромаху и Помпею, которыя со времени ихъ открытія соответственно въ 1876, 1877 и 1879 годахъ не наблюдались въ теченіе 16 лѣтъ подрядъ, заѣмъ Агагу, которую астрономы не могли отыскать въ теченіе 7 оппозицій послѣ ея перваго появленія и т. д.

Нѣкоторые изъ астероидовъ, открытыхъ при помощи фотографіи, заслуживаютъ особеннаго вниманія благодаря своимъ элементамъ. Въ этомъ отношеніи прежде всего слѣдуетъ указать на то, что довольно большое число астероидовъ, открытыхъ фотографическимъ путемъ, движется въ плоскостяхъ, наклоненныхъ къ эклиптикѣ подъ весьма значительными углами. Напримѣръ, орбиты планетъ (20), (35), (37), (38), (39) и (43) обладаютъ наклонностью, превышающею 20°. Далѣе, Бруція и планета (36), повидимому, находятся близко къ границамъ зоны астероидовъ: первая къ внутренней, вторая къ внешней. Если за единицу разстояній принять по обыкновенію среднее разстояніе отъ земли до солнца, то разстояніе перигелия Бруціи до солнца составляетъ 1,564, а разстояніе афелия планеты (36) равняется 4,772. Такимъ образомъ перигелий Бруціи лежитъ внутри орбиты Марса, а афелий планеты (36) отстоитъ отъ солнца дальше, чѣмъ афелии Гильды, Исмены и Туле. Впрочемъ, слѣдуетъ замѣнить, что элементы Бруціи и планеты (36) опредѣлены далеко не точно, и потому только-что приведенныя числа съ теченіемъ времени могутъ значительно измѣниться.

Въ менѣе степени интересное замѣчаніе сдѣлалъ Берберихъ относительно орбиты планеты Чикаго, которая въ 1894 г. подошла весьма близко къ Юпитеру, такъ что ея разстояніе отъ этого гиганта равнялось среднему разстоянію отъ земли до солнца. Вѣроятно этого ея орбита непитъ на весьма сильныя возмущенія, благодаря чему между прочимъ ея и безъ того малый эксцентриситетъ постоянно уменьшался. Ниже даны значенія ея эксцентриситета для различныхъ моментовъ:

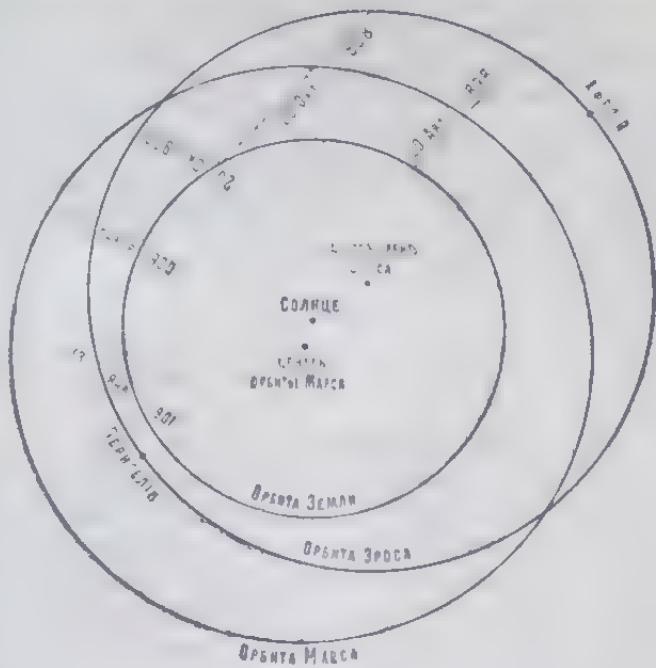
8 декабря 1892 года . . . . .	0,0090
16 ноября 1893 » . . . . .	0,0037
4 февраля 1894 » . . . . .	0,0025

По ходу этихъ чиселъ не трудно заключить, что во второй половинѣ 1894 года эксцентриситетъ долженъ былъ сдѣлаться равнымъ нулю, вѣдствие чего долготы перигелия должна была измѣниться сразу на 180°.

До 1897 г. только два раза одну и ту же планету открыли при помощи фото-

графин одновременно два наблюдателя. Это объясняется, конечно, тѣмъ, что къ открытию астероидовъ примѣняють фотографію главнымъ образомъ только два астронома Максъ Вольфъ, въ Гейдельбергѣ, и Шарлуа, въ Ниццѣ, и, кромѣ того, оба они вследствие различныхъ причинъ до сихъ поръ весьма рѣдко работали одновременно, какъ это легко усмотрѣть изъ таблицы, помещенныхъ въ концѣ книги.

\* Изъ планетъ, открытыхъ въ новѣйшее время фотографическимъ путемъ, обратимъ вниманіе читателя на одну, которая замѣчательна тѣмъ, что она подходитъ къ землѣ ближе всѣхъ другихъ планетъ. Въ Берлинѣ существуетъ общество «Уранія», имѣющее цѣлью распространеніе научныхъ знаний среди народа. Этому обществу принадлежитъ астрономическая обсерваторія, на которой, между прочимъ, имѣется приборъ для фотографирования неба. Виттъ, работающій на этой обсерваторіи, въ августѣ 1898 года отыскивалъ при помощи фотографіи планету Евнику, которая съ 1889 года ни разу не наблюдалась. На полученномъ послѣ двухчасовой экспозиціи снимкѣ Виттъ нашелъ не только Евнику, но и еще двѣ планеты, изъ которыхъ одна, Алтея, была известна уже и раньше, а другая представляла собою совершенно новое небесное тѣло. Это послѣднее поразило Витта тѣмъ, что его отпечатокъ на пластинкѣ имѣлъ видъ необыкновенно длинной полоски, и потому Виттъ сначала принялъ это тѣло за комету. Но, направивъ на новое свѣтло 12-дюймовый рефракторъ, принадлежащій той же обсерваторіи, онъ тотчасъ же убѣдился, что это была малая планета 10-ой или 11-ой величины. Слѣдовательно, значительная длина полоски на фотографической пластинкѣ обуславливалась исключительно быстрымъ перемѣщеніемъ новой планеты



Орбита Марса

Рис. 133.

среди неподвижныхъ звѣздъ, а это, въ свою очередь, заставило его думать, что планета находилась въ то время сравнительно близко къ землѣ. Въ ту же самую ночь эта планета была сфотографирована также астрономомъ Шарлуа въ Ниццѣ, до этого учений миръ былъ оповѣщенъ объ этомъ уже послѣ того, какъ открыты Виттомъ и Шарлуа общими усилиями. Новая планета предварительно было обозначена буквами  $19Q$ . Ея орбита, на основаніи наблюдений Витта, была вычислена Берберихомъ. При этомъ оказалось, что ея среднее разстояніе отъ солнца равняется 1.461, если за единицу разстояній принять, какъ всегда, среднее разстояніе отъ земли до солнца. Такимъ образомъ, среднее разстояніе отъ солнца этой новой планеты, которая окончательно была обозначена номеромъ 333 и которая, по предложенію Витта, была названа Эросомъ, меньше средняго разстоянія Марса отъ солнца, равнаго, какъ извѣстно, 1.523. Относительныя размѣры и взаимное расположеніе орбитъ Эроса, земли и Марса представлены на рисункѣ 133. Такъ какъ экцентриситетъ орбиты Эроса достигаетъ весьма значительной величины 0.22, то эта планета, при прохожденіи черзъ

периселій, подходить весьма близко къ земной орбитѣ. При наиболѣе благоприятныхъ обстоятельствахъ разстояніе Эроса отъ земли можетъ сдѣлаться равнымъ 0,156, что составляетъ приблизительно 23 300 000 километровъ. Такая благоприятная оппозиція, между прочимъ, имѣла мѣсто въ 1894 г., и удивительно, что въ то время никто не замѣтилъ этой планеты, которая, къ тому же, была тогда восьмой величины. Еще болѣе достойно сожалѣнія то обстоятельство, что, собственно, въ то время были получены фотографическіе снимки съ этой планеты, но только на эти снимки не было обращено надлежащаго вниманія. Узнали же объ этомъ слѣдующимъ образомъ. На основаніи многочисленныхъ наблюдений Эроса, произведенныхъ во время его оппозиціи въ 1898 г., американскій астрономъ Чевилеръ вычислилъ эфемериду планеты для времени съ 1893 до 1898 г. Пользуясь этой эфемеридой, г-жа Флемингъ отыскала на фотографическихъ снимкахъ, хранившихся въ гарвардской обсерваторіи, въ американскомъ Кембриджѣ, отпечатки Эроса для 1896 г., а загѣмъ для конца 1893 и для начала 1894 годовъ. Всего, такимъ образомъ, было найдено 23 старинныхъ наблюдений Эроса. На основаніи фотографій, полученныхъ въ 1894 г., можно заключить, что тогда эта планета по яркости была 8,2 величины.

Въ виду того, что Эросъ можетъ весьма близко подходить къ землѣ, отъ въ высшей степени пригоденъ для опредѣленія солнечнаго параллакса (§ 57). Сравнительно благоприятное противостояніе Эроса съ солнцемъ имѣло мѣсто въ концѣ 1900 года. Въ это время разстояніе Эроса отъ земли равнялось 0,315, что составляетъ 48 000 000 километровъ. Въдѣствие этого астрономы съ нетерпѣніемъ ожидали этой оппозиціи и заранее выработали подробную программу наблюдений Эроса съ цѣлью опредѣленія солнечнаго параллакса. Въ этихъ наблюденияхъ приняли участіе большія обсерваторіи всего міра, причемъ планета наблюдалась и во время прохождения черезъ меридіанъ, и внѣ меридіана. Слѣдуетъ надѣяться, что обработка богатаго наблюдательнаго матеріала, собраннаго въ концѣ 1900 и въ началѣ 1901 годовъ, дастъ возможность опредѣлить солнечный параллаксъ, а, слѣдовательно, и среднее разстояніе отъ земли до солнца съ болѣею противъ прежняго точностью. \*

§ 70. **Число астероидовъ.** Само собою понятно, что въ настоящее время намъ извѣстны еще не все астероиды. Въ новѣйшее время ежегодно открывалось болѣе 20 малыхъ планетъ, не считая тѣхъ, для которыхъ не было получено достаточно числа наблюдений, и орбиты которыхъ не могли быть опредѣлены съ достаточною точностью. При этомъ не слѣдуетъ забывать, что некоторые изъ астероидовъ были открыты совершенно случайно. Имѣя все это въ виду, можно ожидать еще многочисленныхъ открытій этихъ небесныхъ тѣлъ. Но и тѣ астероиды, которые извѣстны въ настоящее время, даютъ намъ возможность составить нѣкоторое понятіе о многочисленной группѣ этихъ небесныхъ тѣлъ.

По мѣрѣ того какъ число астероидовъ увеличивается, яркость вновь открываемыхъ малыхъ планетъ, въ среднемъ, замѣтнымъ образомъ уменьшается. Раздѣлимъ первые 400 астероидовъ на группы, по 25 въ каждой группѣ, и расположимъ эти группы въ хронологическомъ порядкѣ. Тогда для планетъ, принадлежащихъ къ каждой такой группѣ, средняя яркость  $m$  для времени оппозиціи представится слѣдующими числами

Планеты	$m$	Планеты	$m$	Планеты	$m$	Планеты	$m$
1—25	9,26	101—125	11,20	201—225	12,06	301—325	12,56
26—50	10,62	126—150	11,36	226—250	12,50	326—350	12,30
51—75	11,06	151—175	11,98	251—275	12,84	351—375	12,19
76—100	11,35	176—200	11,69	276—300	13,22	376—400	12,09
1—100	10,37	101—200	11,56	201—300	12,64	301—400	12,28

Еще поучительнѣе сравненіе между собой чиселъ астероидовъ различной яркости въ каждой изъ вышеприведенныхъ группъ. При этомъ собственно слѣдовало бы ввести въ



размерами ту яркость, которую каждая планета имела во время открытия и которая вследствие большого эксцентриситета орбиты некоторых астероидов может довольно значительно отличаться от средней яркости во время оппозиции, если планета была открыта вблизи перигелия или афелия. Но так как мы не имеем в виду производить точных исследований, а желаем представить вопрос лишь в общем освещении, то мы без всяких дальнейших разсуждений можем для всех планет взять среднюю яркость во время оппозиции. В нижеследующей таблицѣ тѣ планеты, яркость которых заключается между 8,0 и 8,9, мы относимъ къ свѣздамъ 8-ой величины тѣ яркость которыхъ заключается между 9,0 и 9,9, къ свѣздамъ 9-ой величины и т. д.

Планеты	ярче 8 вел.	8 вел.	9 вел.	10 вел.	11 вел.	12 вел.	свѣзды 12 вел.
1—25 . .	2	7	11	5	—	—	—
26—50 . .	—	—	6	10	7	2	—
51—75 . .	—	—	2	10	10	3	—
76—100 . .	—	—	—	9	13	2	1
101—125 . .	—	—	—	8	14	3	—
126—150 . .	—	—	—	7	13	5	—
151—175 . .	—	—	—	1	12	9	3
176—200 . .	—	—	1	3	8	11	2
201—225 . .	—	—	—	2	10	10	3
226—250 . .	—	—	—	1	8	7	9
251—275 . .	—	—	—	—	5	7	13
276—300 . .	—	—	—	1	2	6	16
301—325 . .	—	—	1	2	2	9	11
326—350 . .	—	—	1	—	6	12	6
351—375 . .	—	—	—	2	8	10	5
376—400 . .	—	—	1	2	6	8	8
1—100 . .	2	7	19	34	30	7	1
101—200 . .	—	—	1	19	47	28	5
201—300 . .	—	—	—	4	25	30	41
301—400 . .	—	—	3	6	24	39	30
1—400 . .	2	7	23	63	126	104	77

Правильность, которую мы замечаемъ на основани этой таблицы въ убываніи яркостей новыхъ планетъ, позволяетъ намъ съ большою вѣроятностью заключить, что наиболее яркіе изъ этой группы небесныхъ тѣлъ намъ известны уже почти въ полномъ своемъ составѣ, и что въ будущемъ мы можемъ получить открытій въ большомъ числѣ лишь болѣе слабыхъ планетъ, имѣющихъ слабые 11-ой величины. Эти заключенія вполнѣ подтверждаются весьма интереснымъ сообщеніемъ астронома Шарлуа о работѣ предпринятой имъ въ Ниццѣ съ цѣлью отысканія новыхъ астероидовъ при помощи фотографіи.

Съ 13 сентября 1892 г. до 9 октября 1894 г. онъ получилъ всего 142 клише, имѣющихъ форму квадрата со стороною въ 11", причемъ въ томъ случаѣ, когда нѣкоторая часть неба снималась два раза, оба эти снимка считались за одинъ. На 50 изъ этихъ клише не было найдено ни одной планеты по крайней мѣрѣ ярче 12-ой или 13-ой величины. Остальные 92 пластины заключали 176 различныхъ планетъ, изъ которыхъ 131 были извѣстны уже раньше, а 45 оказались совершенно новыми. Но яркости тѣхъ эти планеты распределяются слѣдующимъ образомъ:

	Итого 8 вел.	9 вел.	10 вел.	11 вел.	12 вел.	Слабше 12 вел.	Всего.
Старые планеты . . .	6	6	23	44	41	11	131
Новые планеты . . .		2	1	7	20	15	45
Всего . . .	6	8	24	51	61	26	176

Внимательно разсмотрев вышеприведенные числа, мы убедились, что до 12-ой величины включительно число получившихся на фотографических пластинках астероидов тем больше, чем слабее эти астероиды, покуда же 12-ой величины число их на пластинках быстро падает. Было бы преждевременно выводить отсюда заключение, что число астероидов слабее 12-ой величины сравнительно невелико — скорее следует думать, что фотографирование более слабых астероидов недоступно имеющимся в настоящее время в нашем распоряжении вспомогательным средствам.

Съ другой стороны, достойно внимания то обстоятельство, что до 11-ой величины включительно старых астероидов получается на пластинках гораздо больше, чем новых в случае же более стоящих малых планет придется постепенно переходить на сторону новых. Это служит явным признаком того, что более яркие члены этой группы небесных тел нам уже известны почти в полном своем составе.

Вышеприведенная таблица, по видимому, указывает также на то, что общее число малых планет в диаметрыности значительно меньше, чем обыкновенно склонны думать. Впрочем, не следует упускать из виду, что прежде съ задачей на успех изведомости съ целью отыскания новых астероидов, только съ лежащими вблизи экваториальной части небесной сферы, в которых эклиптику не пересекает млечный путь. И действительно братьям Арири при продолжении экваториальных карт Шакоуика приходится натолкнуться на большие трудности, когда они сделали первую попытку фотографирования неба в области млечного пути. Еще и в настоящее время обыкновенно не фотографируют этих областей неба, если дело идет об обнаружении астероидов — так как в этом случае изыскание фотографических пластинок, заподозривших о возможном присутствии слабых звезд, представляет необыкновенно трудную работу и требует очень много времени.

Съ другой стороны, надо иметь в виду также и следующее обстоятельство. Будем считать таки малые планеты для которых средняя яркость во время оппозиции одинакова, в группы по 20 планет в каждой, в хронологическом порядке их открытия. В таком случае, распространяя наше следование на первые 300 астероидов и оставив въ стороне лишь весьма немногие из них, мы из астероидов 10-ой величины можем образовать три таких группы, из астероидов 11-ой величины — шесть и из астероидов 12-ой величины — пять. Средняя арифметическая въ наклонностях для каждой такой группы по вычислениям Гербериха представляется следующими числами.

Величина	I	II	III	IV	V	VI
10	7,8°	9,2°	10,5°	—	—	—
11	6,4	8,4	8,8	9,4°	11,8°	9,2°
12	6,2	7,3	8,1	8,3	9,5	—

Въ числах первых 100 планет изыскывается только 19 планет 12-ой величины, причем средняя наклонность их орбит составляет 6,3°. Средняя наклонность орбит 4 планет той же яркости, входящих въ состав второй и третьей сотен астероидов, равняется 11,9°. Наконец, въ вышеприведенной табличке еще не приняты во внимание 3 планеты 10-ой величины со среднюю наклонностью въ 15,9°. Числа предыдущей таблички дают возможность заключить, что чем позже открыты астероиды, тем больше, въ среднем, его наклонность. Это легко может быть объяснено. Планеты, движущиеся въ плоскостях, мало наклоненных къ плоскости эклиптики, при прохождении через эту последнюю

должны находиться вблизи тех, чья такая планеты, орбиты которых обладают значительной наклонностью. Вследствие этого при отыскании планет при помощи эклиптики карты астрономы должны были чаще открывать планеты с малыми наклонностями, чья с большими, и потому первые должны быть нам известны в настоящее

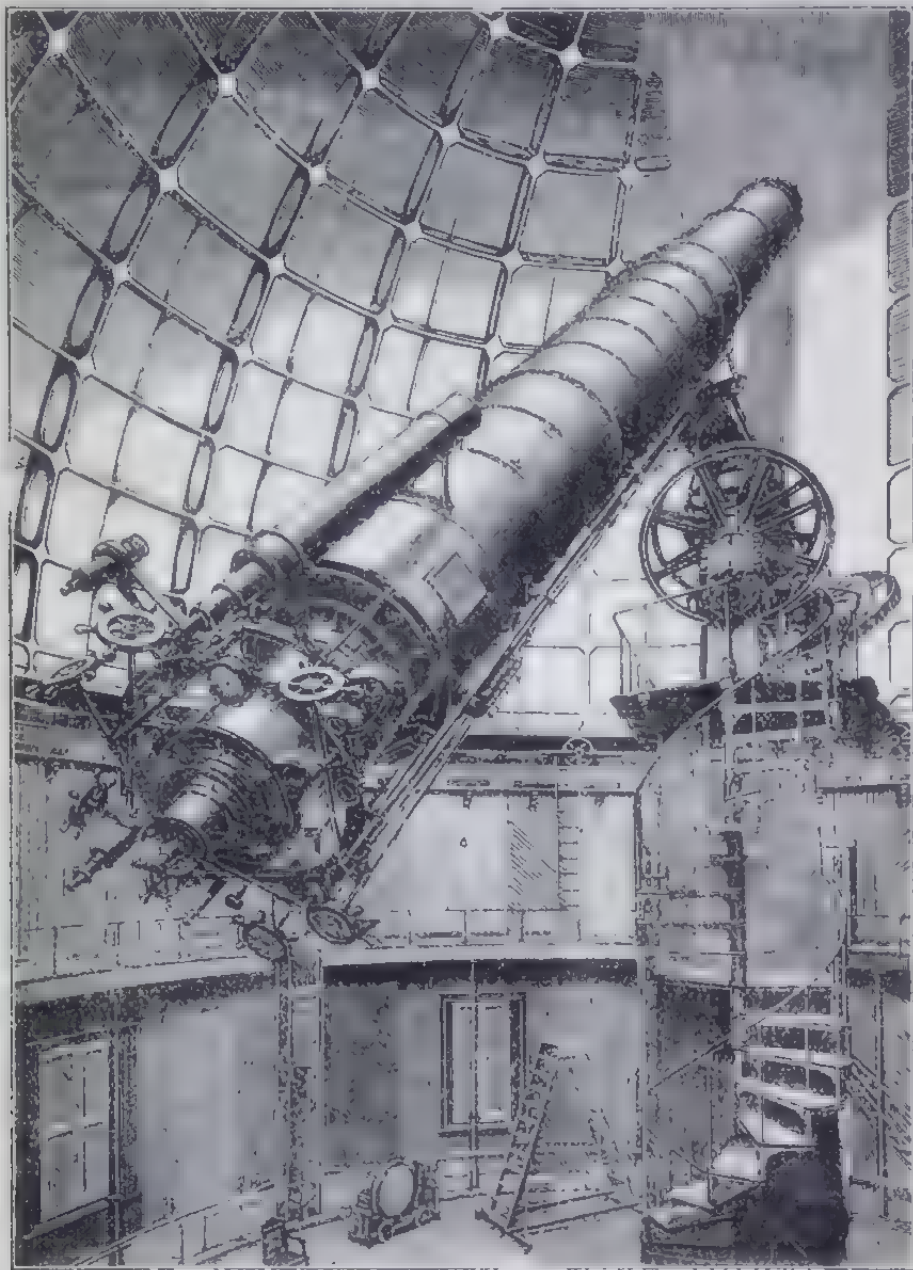


Рис. 134.

время в более полном составе, чья последние. Составляя все вышесказанное, мы можем вывести, вероятно, довольно близкое к истине заключение что из астероидов не слабее 11-ой величины нам известны почти все, какие, которые при прохождении через эклиптику не находятся вблизи млечного пути и орбиты которых наклонены к плоскости эклиптики под небольшими углами.

§ 71 **Размеры астероидов.** Векорь после открытія первых 4 астероидов В Гершель и Шретеръ, въ распоряженіи которыхъ находились самые могущественныя для того времени телескопы, пытались опредѣлить диаметры этихъ небесныхъ тѣлъ непосредственными измѣреніями, но они получили весьма несогласные другъ съ другомъ результаты, откуда и следовало заключить, что ихъ инструментами все же были недостаточны для такого рода измѣриваній. Столь же неуспѣшными оказались и попытки Ламона, Галле, Медлера, Секки и др. Первымъ пригоднымъ для такихъ измѣреній инструментомъ оказался глизитскій рефракторъ Лисской обсерваторіи съ объективомъ въ 36 дюймовъ, изображенный на рис. 134. При помощи этого инструмента Барнарду удалось, повидимому, съ большою точностью опредѣлять диаметры Цереры, Паллады и Весты. Вычисляя на основаніи наблюдений Барнарда видимыя диаметры этихъ планетъ, соответствующе тому случаю, когда эти планеты состоятъ отъ солнца на разстояніи, равномъ солнечной полуоси земной орбиты, мы получаемъ числа, стояща въ столбцѣ *d* нижеслѣдующей таблицы. Пользуясь этими числами видимыхъ диаметровъ и принимая для сдѣланныхъ параллаксъ величину 8 85" мы можемъ вычислить истинныя диаметры астероидовъ, выраженные въ километрахъ. Истинныя диаметры эти, въ нижеслѣдующей таблицѣ въ столбцѣ *D*.

Планеты.	<i>d</i>	<i>D</i>
Церера	1,115"	804 километра.
Паллада	0,675	486    »
Веста	0,536	386    »

Что же касается Юноны, то для нея Барнартъ, вследствие неблагоприятныхъ атмосферныхъ условій, не могъ произвести точныхъ измѣреній. Но очевидно же по глазъ она представлялась ему приблизительно тѣмъ же величиною, какъ Паллада и Веста.

Кромѣ 4 старыхъ астероидовъ до сихъ поръ весьма немногіе обладаютъ дисками, доступными для измѣреній все же остальные малыя планеты представляются намъ даже въ самые сильные телескопы, подобно неподвижнымъ звѣздамъ въ видѣ свѣтлыхъ точекъ. Поэтому были сдѣланы попытки получить хотя бы приблизительное представление о величинѣ этихъ небесныхъ тѣлъ косвеннымъ путемъ, на основаніи сдѣланныхъ изображеній.

Яркость какого-нибудь небеснаго тѣла, получающаго свое освѣщеніе отъ солнца, зависитъ какъ отъ его способности отражать солнечныя лучи, такъ и отъ его объема при томъ предполагается, что тѣмъ извѣстнее точно подмѣряется влияние разстоянія этого небеснаго тѣла отъ солнца и отъ земли на его освѣщеніе. Слѣдственно, если мы знаемъ отражательную способность (такъ называемое альbedo) и объемъ какой-нибудь планеты, то мы можемъ опредѣлять ея яркость тѣмъ или другимъ моментомъ времени. Обратно, если извѣстно и яркость планеты, мы легко можемъ вычислить ея объемъ. Такой способъ впервые былъ употребленъ знаменитымъ французскимъ астрономомъ Лавуазье для доказательства истинности гипотезы, существованіе которой онъ тогда высказалъ, и которая по предположенію должна была находиться отъ солнца ближе, чѣмъ Уранъ (т. е. двѣ X). Такимъ же способомъ извѣстными средствами доказъ существованіе Штаммгартъ для Юноны, а также и объема астероидовъ. Стало очевидно, въ обоихъ случаяхъ и обсервировать можно яркость извѣстнаго небеснаго тѣла. Для большинства планетъ, напротивъ того альbedo не извѣстно и мы не можемъ такъ какъ ихъ объемъ и яркость извѣстны. Относившись сюда къ альbedo придела къ какому-нибудь, что альbedo этихъ значительныхъ планетъ весьма различно, то мы увидимъ, что и обсервировать тѣлеса этого рода были произведены Цельверромъ и Штаммгартъ. Результаты, полученные обоими этими наблюдателями мы даемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ. Чтобы сдѣлать эти результаты сравнимыми между собой въ томъ и другомъ рядѣ наблюдений за единицу принято альbedo Марса.

Планеты.	Альbedo по Цельнеру.	Альbedo по Мюллеру	Планеты.	Альbedo по Цельнеру.	Альbedo по Мюллеру.
Меркурий .	0,43	0,64	Сатурн . .	1,87	3,28
Венера . .	2,33	3,44	Уран . . .	2,40	2,73
Марс . . .	1,00	1,00	Нептун . .	1,74	2,36
Юпитер . .	2,34	2,79			

Все планеты в отношении альbedo, как это видно из предыдущей таблички, можно раздѣлять на двѣ группы. Для Венеры и для 4 верхних планетъ, начиная съ Юпитера, т. е. для такихъ планетъ, которыя, повидимому, окружены плотными атмосферами, альbedo по изслѣдованіямъ Мюллера составляетъ въ среднемъ 2,92, и, следовательно, оно гораздо больше, чѣмъ для остальныхъ двухъ планетъ — Меркурия и Марса, для которыхъ въ среднемъ оно равняется только 0,82. Точно также и для луны, которая, какъ мы увидимъ впоследствии, лишена атмосферы, альbedo по изслѣдованіямъ Цельнера весьма мало, а именно оно равно 0,63.

Что касается астероидовъ, то наиболее целесообразнымъ является допущеніе, что ихъ альbedo разнится ершему значенію изъ альbedo Марса и Меркурия, такъ какъ весьма невѣроятно, чтобы такія маленькія небесныя тѣла были окружены плотными атмосферами. Впрочемъ предположеніе что альbedo всѣхъ астероидовъ одинаково, во всякомъ случаѣ тоже довольно смѣлое, такъ какъ у некоторыхъ астероидовъ неоднократно замѣчается особая окраска и измѣненіе яркости хотя, къ сожалѣнію, на такого рода наблюденія до сихъ поръ вообще обращали слишкомъ мало вниманія. Нѣпр., цвѣтъ планеты Пріапы почти такой же красный, какъ и цвѣтъ Марса. Въ концѣ 1862 год. Фрига, которая въ то время находилась на нѣк. отъстои отъ Ферони, казалась Петерсу яркой и въ сравненіи съ этой послѣдней. Барнарду во время его вышеупомянутыхъ измѣреній Паллада и Веста казались желтоватыми, а Церера, напротивъ, того блѣдой и т. д. Харригтонъ полагаетъ, что онъ замѣтилъ ясныя слѣды измѣненія яркости Весты, точно также Э. Вейсъ относилъ къ числу переменныхъ по яркости астероидовъ планету Дорисъ которая во время оппозиціи 1860 года казалась ему то ярче, то слабѣе другой планеты Ариадны. Въ 1901 году Опольцеръ обратилъ вниманіе астрономовъ на то, что планета Эросъ также мѣняется по яркости. Многочисленныя фотометрическія наблюденія надъ этой планетой привели къ заключенію, что эта планета въ теченіе 2 1/2 часовъ мѣняла яркость въ предѣлахъ одной звѣздной величины. Во время этихъ наблюденій Эросъ представлялся слабой звѣздочкой 9-ой или 10-ой величины. Подобныя измѣненія яркости малыхъ планетъ можно объяснить или существованіемъ пятенъ на ихъ поверхности или тѣмъ, что эти планеты, вращаясь около оси обращая къ намъ постепенно различныя свои части, имѣющія различныя отражательныя способности. Что касается Эроса, то французскій астрономъ Андре для объясненія наблюдаемыхъ у него измѣненій яркости предположилъ, что онъ представляетъ изъ себя двойную планету. Обѣ эти планеты обращаются около ихъ общаго центра тяжести. Когда обѣ онѣ вращаются на небесной сферѣ одна подлѣ другой, мы замѣчаемъ увеличеніе яркости. Когда одна скрыта за другою, наблюдается уменьшеніе яркости. Но во всякомъ случаѣ этотъ вопросъ еще нельзя считать окончательно рѣшеннымъ.

Нѣсколько незначительныя опредѣленія диаметровъ астероидовъ по ихъ яркостямъ на основаніи изложенныхъ выше соображеній, вилдичныя примѣры тому представляютъ три планеты Церера, Паллада и Веста. Вычисленія размѣры планетъ по этому способу, мы находимъ, что Церера и Веста по величинѣ приблизительно равны между собой, и еще Веста нѣсколько больше Цереры, а Паллада является наименьшей изъ всѣхъ трехъ. Но измѣренія же Барнарда Веста оказывается наименьшей изъ этихъ трехъ планетъ, за нѣмъ слѣдуетъ Паллада, и наконецъ Церера превосходитъ по величинѣ и Весту, и Палладу, и ея діаметръ въ двѣ слишкомъ раза больше діаметра Весты. Но хотя фотометрическими

опредѣленіями диаметровъ малыхъ планетъ приходится пользоваться лишь по необходимости, за неимѣніемъ другихъ лучшихъ способовъ, тѣмъ не менѣе и такого рода одѣлка даетъ намъ возможность составить общее представление о размѣрахъ этихъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому въ концѣ книги въ таблицѣ, относящейся къ астероидамъ, мы даемъ также величину диаметровъ этихъ тѣлъ, вычисленную по формулѣ Штамфера, въ которой для отношенія яркостей свѣтила двухъ соедѣнныхъ классовъ мы вмѣсто принятаго имъ числа 2,56 взяли общепринятое теперь число 2,50 при этихъ вычисленіяхъ яркости малыхъ планетъ мы диаметровали изъ Веііег Jahrbuch's и альbedo астероидовъ приняты разными 0,82. Къ этому считаемъ необходимымъ еще прибавить, что диаметры небесныхъ тѣлъ обратно пропорциональны корнямъ квадратнымъ изъ альbedo. Поэтому, если бы мы для альbedo астероидовъ приняли какое-нибудь другое число, напр., если бы мы допустили, что ихъ альbedo равняется альbedo другихъ большихъ планетъ, т.-е. 2,92, то мы должны были бы приведенные въ концѣ книги диаметры астероидовъ уменьшить въ отношеніи  $\sqrt{0,82} \div 2,92$  или приблизительно въ отношеніи 1 : 1,9. Наконецъ, необходимо еще замѣтить, что диаметры Цереры, Паллады и Весты въ указанной таблицѣ даны на основаніи упомянутыхъ выше измѣреній Барнарда.



Рис. 135.

Такимъ образомъ по повѣншимъ нашимъ свѣдѣніямъ Церера является наибольшей изъ малыхъ планетъ. Такъ какъ ея диаметръ составляетъ 804 километра, то поверхность ея почти больше 2 милліоновъ квадратныхъ километровъ, и, слѣдовательно, она превосходитъ приблизительно въ три раза поверхность Австро-Венгріи и въ четыре раза поверхность Германіи. Поверхность слѣдующей по величинѣ планеты Паллады лишь немного больше поверхности Австро-Венгріи. Изъ нашей луны, которая представляетъ изъ числа самыхъ малыхъ тѣлъ нашей солнечной системы, можно было бы сдѣлать 80 такихъ шаровъ, какъ Церера, и болѣе 350 такихъ шаровъ, какъ Паллада. \* На рис. 135 представлены сравнительные размѣры земли и первыхъ четырехъ астероидовъ: Цереры, Паллады, Весты и Юноны. \*

Наименьше изъ известныхъ въ настоящее время астероидовъ обладаютъ диаметромъ, равнымъ круглымъ числу 15 километрамъ. Поверхность любого изъ такихъ астероидовъ составляетъ 700 квадратныхъ километровъ и, слѣдовательно, равняется приблизительно поверхности острова Менорки. Объемъ такого астероида равенъ 1800 кубическихъ километровъ, такъ что изъ нашей луны можно было бы сдѣлать свыше 12 милліоновъ такихъ планетокъ. При такъ называемомъ кругосвѣтномъ путешествіи на такомъ маленькомъ небесномъ тѣлѣ пришлось бы пройти всего только 47 километровъ или приблизительно 6 географическихъ миль. Хорошій ходокъ безъ труда могъ бы совершить такое путешествіе въ одинъ день! При предположеніи, что плотность такого астероида равна плотности земли, наприказе силы тяжести на его поверхности было бы въ 850 разъ меньше, чѣмъ на поверхности земли. Это значитъ, что тѣло, которое у насъ на землѣ вѣситъ 1 килограммъ, на поверхности такого астероида оказывало бы на потягу такое же давленіе, какое на землѣ оказываетъ тѣло, вѣсящее только 1,2 грамма.

Мы видимъ, что здѣсь открывается полный просторъ нашей фантазіи: съ одной стороны, мы можемъ представить себѣ что эти небесныя тѣла населены существами, подобными намъ, съ другой же стороны мы могли бы въ самыхъ красивыхъ краскахъ говорить о живыхъ существахъ въ полномъ соответствіи съ размѣрами этихъ крошечныхъ міровъ. Но вмѣсто этого мы ограничимся указаніемъ на то, что астероиды по своимъ размѣрамъ являются члѣнами ордена кометъ и метеоровъ (глава XIV), совершенно такъ

же, какъ по наклоностямъ и эксцентриситетамъ своихъ орбитъ (Поллимина и Ева, напр., въ афелии отстоятъ отъ солнца вдвое дальше, чѣмъ въ перигелии) они представляють такъ сказать, переходъ отъ планетъ къ кометамъ.

§ 72. **Масса астероидовъ и ихъ происхождение.** До сихъ поръ еще не удалось определить массу ни одного изъ астероидовъ. Единственное, что можно сдѣлать въ этомъ отношеніи, это указать крайній предѣлъ, превзойти котораго не можетъ общій сумма массъ всѣхъ астероидовъ. Лиле Деверрье, когда было извѣстно лишь небольшое число членовъ этой группы, показывалъ, что въ томъ случаѣ, если бы сумма массъ астероидовъ равнялась массѣ земли, то еоцентрическая долота перигелия Марса тогда была бы подъ влияниемъ этихъ гравитъ дѣлалась на 11 въ среднемъ. Принимая во вниманіе то обстоятельство, что во время облета Марса величине его значительнаго приближенія къ землѣ такое смѣщеніе его перигелия замѣтнымъ образомъ сказывалось бы на геоцентрическихъ положеніяхъ этой планеты, Деверрье пришелъ къ убѣжденію, что въ долотѣ перигелия орбиты Марса не можетъ заключаться ошибка, которая бы была равна даже четвертой части вышеуказаннаго смѣщенія. Отсюда слѣдуетъ заключить, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ, обращающихся около солнца въ пространствѣ между Марсомъ и Юпитеромъ, не можетъ превзойти одной четвертой части массы земли.

При нашихъ современныхъ свѣдѣніяхъ о группѣ астероидовъ мы съ большою вѣроятностію можемъ заключить, что и въ будущемъ сумма массъ этихъ небъ свѣлыхъ тѣлъ не достигнетъ указаннаго предѣла. Имѣя въ виду, что 1) въ настоящее время ищется преле и, слѣдовательно, чинболѣ значительные по своимъ размѣрамъ астероиды, извѣстны намъ почти въ полномъ своемъ составѣ (§ 70), что 2) согласно съ вѣскоислѣднмъ исследованиямъ миллионъ мѣньшхъ днствительныхъ по величинѣ малыхъ планетъ, что 3) составленъ гблѣ по объему равное нашей землѣ, и что 4) масса луны составляетъ только  $\frac{1}{81}$  массы земли, мы съ полнымъ правомъ можемъ допустить, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ заключается въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{100}$  до  $\frac{1}{200}$  массы луны, или отъ  $\frac{1}{8100}$  до  $\frac{1}{16200}$  массы земли. \* Интересно извѣтъковали, произведенныя относительно астероидовъ въ самое послѣднее время директоромъ Берлинскаго Вмчислительнаго Института Баушангеромъ. Этотъ умный подсчетъ, что изъ всѣхъ астероидовъ, включая сюда также и 14, которые оутуть открыты впоследствии, можно образовать шаръ съ диаметромъ, равнымъ 1320 километрамъ. Объемъ такого шара въ 900 разъ меньше объема земли, и если мы примемъ, что средняя плотность астероидовъ составляетъ двѣ трети средней плотности земли, то сумма массъ всѣхъ астероидовъ должна бытъ въ 1350 разъ меньше массы земли и въ 17 разъ меньше массы луны. При вычисленнн объемовъ астероидовъ Баушангеръ принималъ, что альбедо этихъ тѣлъ равняется величинѣ средней между альбедо Меркурия и Марса. Слѣдуетъ замѣнить, что на основаннн измѣреннн диаметровъ Цереры, Паллады и Весты, произведенныхъ астрономомъ Ликкеромъ обсерваторнн Барнардомъ, двѣ альбедо астероидовъ получается полъ и вдвое большая величина. Принимая это новое значеніе для альбедо малыхъ планетъ, мы пришли бы къ заключенно, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ въ 40 разъ меньше массы луны. Такую оцѣнку Баушангеръ во всякомъ случаѣ не считаетъ гнѣль точной такъ какъ по его мнѣнію сравнительно больше астероиды могутъ существовать вбднзи орбиты Юпитера, но они недоступны нашимъ телескопамъ вѣдѣтнне значительнаго разстоянн, отдѣляющаго ихъ отъ земли. Имѣя не менѣе вполнѣ вѣроятнымъ является предположенне, что общія масса всей группы астероидовъ значительно меньше массы луны. \*

Относительно происхождения астероидовъ уже выше было замѣчено, что Ольберсъ считалъ ихъ осколками одной большой планеты. Эта гипотеза, которая ривалѣла панѣи земли много сторонниковъ, въ новѣйшее время постепенно была совсемъ оставлена. И дѣйствительно съ одной стороны ничто не правдоподобно итъ къ принатно гипотезѣ

Ольберга, и мы одинаково хорошо можем представить себѣ образование въ определенномъ мѣстѣ солнечной системы какъ одной большой планеты, такъ и значительнаго числа малыхъ, съ другой же стороны, имѣются весьма важныя возраженія противъ этой гипотезы. Еще Энке показалъ, что орбиты Цереры и Паллады, открытыя собственно и привело Ольберга къ его гипотезѣ, по всей вѣроятности никогда не пересекались. Зигмундъ Ньюкомъ доказалъ то же самое относительно большаго числа астероидовъ, и этотъ ученый даже придерживается того мнѣнія, что различныя яркости и различныя скорости движенія малыхъ планетъ дѣлаютъ менѣе всего вѣроятнымъ ихъ общее происхожденіе.

Другая, во всякомъ случаѣ, весьма смѣлая, но вѣдь съ тѣмъ легко опровержимая гипотеза была высказана французскимъ астрономомъ Леверрье, который исходитъ изъ того положенія, что вначалѣ за открытій какой нибудь малой планеты быстро слѣдовали открытія нѣсколькихъ другихъ, а затѣмъ наступала болѣе или менѣе продолжительный перерывъ до новаго ряда открытій. Поэтому онъ и предложилъ такой вопросъ: не происхождетъ ли образование этихъ тѣлецъ непосредственно передъ ихъ открытій? Известно, что пространство вокругъ солнца наполнено небольшими массами космической матеріи различной плотности. Различныя массы такой матеріи вѣдутае взаимнаго притяженія, по мнѣнію Леверрье, легко могутъ соединиться и образовать планету, которую мы сейчасъ видимъ въ періодъ разъ, такъ какъ вчера она еще не существовала.

Если же мы будемъ придерживаться Кантъ-Лапласовой гипотезы относительно образования нашей солнечной системы, гипотезы, которая вкратцѣли будетъ изложена подробно, то образование астероидовъ можетъ быть весьма просто объяснено тѣмъ, что Юпитеръ своимъ могущественнымъ притяженіемъ похищаетъ галаксийныя массы, носившія его въ пространство вокругъ солнца, ступиться въ одно большое тѣло.

§ 73. **Распределеніе орбитъ астероидовъ.** Скопленіе такого большаго числа планетъ въ пространство наибольшее линейное протяженіе котораго только въ три раза превосходитъ радиусъ земной орбиты, уже давно побуждало астрономовъ заняться вопросомъ, нельзя ли подмѣнить какихъ нибудь особенностей въ распредѣленіи орбитъ астероидовъ. Прежде всего было изслѣдовано положеніе линий узловъ въ плоскости эклиптики при этомъ оказалось, что пока число извѣстныхъ астероидовъ было сравнительно невелико, долготы восходящаго узла для весьма многихъ изъ нихъ не очень сильно отклонялись отъ  $180^\circ$  или отъ  $0^\circ$ . Вначалѣ это обстоятельство сильно поразило астрономовъ, но потомъ его легко можно было объяснить влияніемъ времени года. Весна и осень, вѣдутае своихъ длинныхъ и прятныхъ ночей болѣе пригодны для отысканія астероидовъ, чѣмъ зима и лѣто, изъ которыхъ первая отличается продолжительною пасмурною погодою, а вторая представляетъ менѣе выгоду благодаря своимъ короткимъ ночамъ и благодаря низкому въ это время положенію эклиптики надъ горизонтомъ въ мѣстахъ, лежащихъ въ среднихъ широтахъ земнаго шара. Такъ какъ дагдѣ новыя планеты отыскивались обыкновенно только вблизи эклиптики, и при этомъ, естественно, изслѣдовались прежде всего тѣ области небесной сферы, которыя кульминировали (Введ., § 9) приблизительно въ полдень, то новыя открытія дѣлались чаще всего въ тѣхъ частяхъ эклиптики, которыя весной и осенью близозтъ прямо противоположны солнцу или, по специальному выраженію, иходятся въ противостояніи съ солнцемъ. Весной такое положеніе занимаетъ часть эклиптики, заключавшаяся между  $135^\circ$  и  $225^\circ$  долготы, а осенью прямо противоположная часть, заключавшаяся между  $315^\circ$  и  $45^\circ$ . Этимъ и объясняется вышеуказанное распредѣленіе линий узловъ. Впрочемъ съ теченіемъ времени линіи узловъ стали распредѣляться все болѣе и болѣе равномерно по всей окружности.

Подобнымъ же образомъ подозрѣвавшаяся прежде связь между эксцентриситетами и наклонностями астероидовъ съ теченіемъ времени не была подтверждена, и мы можемъ



только сказать, что орбиты, характеризуемы большими эксцентриситетами, и редко обладают также значительными наклонностями. Напротивъ того, съ теченіемъ времени все чаще и чаще стали встрѣчаться случаи, когда не только большая полуось  $a$ , эксцентриситетъ  $e$ , долготы восходящаго узла  $\omega$ , и наклонность  $i$  были приблизительно одинаковы для нѣсколькихъ астероидовъ, но также и ихъ линіи апсидъ занимали почти одно и то же положеніе, такъ что долготы перигелия  $\pi$  для такихъ планетъ или были близки къ равенству, или отличались другъ отъ друга почти ровно на  $180^\circ$ . Впервые на это замѣчательное обстоятельство обратилъ вниманіе Р. Лютеръ по поводу планетъ Фидесъ и Минн. Впоследствии отыскиваніемъ такихъ астероидовъ занимался преимущественно Кирквудъ. Монкъ, Леманъ и Маскаръ. Наиболее замѣчательныя изъ такихъ астероидовъ приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Планеты.	$\Omega$	$i$	$a$	$e$	$\pi$	Планеты.	$\Omega$	$i$	$a$	$e$	$\pi$
Фидесъ. . .	8,10	3,10	2,641	0,178	67 <sup>0</sup>	Кларинда	144,8	9,0	2,339	0,082	78
Майя . . .	8,3	3,1	2,645	0,175	49	Шефгисъ .	142,2	10,0	2,353	0,023	258
Клида . . .	7,6	2,4	2,665	0,043	61	Цирцея .	184,9	5,5	2,685	0,109	150
Ула . . .	9,3	3,8	2,728	0,066	56	Поллико .	182,3	4,4	2,745	0,029	298
Эппа . . .	11,0	2,1	2,589	0,106	82	Адрастея .	181,7	6,1	2,976	0,227	27
Кларисса .	7,9	3,4	2,421	0,115	59	Неветта .	182,7	6,7	2,875	0,205	9
Эмилия . .	135,1	6,1	3,110	0,100	117	Викторія	235,6	8,4	2,334	0,219	302
Хризисель.	137,8	8,8	3,072	0,101	133	Амалія . .	234,1	8,1	2,359	0,221	289
Херситія .	145,4	3,8	2,740	0,041	86	Ладезисъ.	342,6	7,0	3,116	0,061	221
Базарія .	142,4	4,9	2,726	0,061	258	Жозефинъ.	345,2	6,9	3,120	0,064	59

Необходимо еще прибавить, что для некоторыхъ астероидовъ было замѣчено совпаденіе не нити, а меньшаго числа элементовъ. Такое распревленіе орбитъ по группамъ едва ли представляетъ простую игру случая. По всей вѣроятности астероиды принадлежаще къ одной и той же группѣ, имѣютъ общее происхожденіе.

Не менѣе важно замѣтить заслуживающія пробѣлы, которые имѣютъ мѣсто для нѣкоторыхъ значеній большой полуоси. Если принять во вниманіе только такія планеты, которыя наблюдались по крайней мѣрѣ во время двухъ противостояній, то также пробѣлы существуютъ, напр., между Ариадной и Баптистиной, между которыми движется только одна планета Аллеа, далѣе между Гестией и Сивей, между Сибиллой и Андромедой, между Чикаго и Камиллой и т. д. Эти пробѣлы, повидимому, должны быть объяснены не недостаткомъ нашихъ свѣдѣній объ астероидахъ, а особыми причинами, лежащими въ природѣ вещей. Вслѣдствіи (см. III, глава V) мы увидимъ, что возмущенія въ движеніи одной планеты подъ вліяніемъ другой могутъ достигать весьма значительныхъ величинъ въ томъ случаѣ, когда ихъ времена обращенія относятся между собой приблизительно какъ два какихъ-нибудь цѣлыхъ числа. Такъ въ 1876 году Кирквудъ показалъ, что упомянутыя выше пробѣлы соответствуютъ именно тѣмъ критическимъ мѣстамъ, для которыхъ времена обращенія астероидовъ и Юпитера, были бы соизмѣрны другъ съ другомъ. Наиболее обширныя изслѣдованія въ этомъ направленіи были предприняты въ 1881 году профессоромъ Горяштенномъ; его изслѣдованія были распространены на 219 извѣстныхъ въ то время астероидовъ. Добытый тогда результатъ, состоящій въ томъ, что пробѣлы соответствуютъ тѣмъ мѣстамъ зоны малыхъ планетъ, для которыхъ времена обращенія астероидовъ и Юпитера находились бы въ простомъ соизмѣримомъ отношеніи между собою, сохранилъ свою силу еще и въ настоящее время, когда число извѣстныхъ астероидовъ болѣе чѣмъ удвоилось. Первый изъ вышеназванныхъ пробѣловъ соответствуетъ тому случаю, когда семь оборотовъ одного астероида почти равны 2 оборотамъ Юпитера; второй и третій про-

были тому случаю, когда 3 или 2 оборота астероида равны одному обороту Юпитера; последние самые большие пробелы соответствуют тому случаю, когда времена обращения астероида и Юпитера относятся между собою приблизительно или как 5 : 3, или как 7 : 4, или как 8 : 5, или, наконец, как 9 : 5.

Не менее этих пробелов бросаются в глаза также скопления большого числа орбит астероидов в некоторых определенных местах. Два главнейших скопления лежат на средних расстояниях от солнца, равных 2,7 и 3,1 (за единицу расстояния мы по обыкновенно принимаем среднее расстояние от земли до солнца). На первом из этих расстояний находится 112, а на втором 60 орбит, иначе говоря, 28% и 15%, или вместе 43%, общаго числа привязанных к вычислениям орбит.

Кроме того следовало на обстоятельства обращать на себя особенное внимание. Вообразим себе некоторую плоскость, представляющую среднее положение из плоскостей всех астероидов. Эта плоскость как показывают вычисления А. А. Ньютона, почти в точности совпадает с плоскостью орбиты Юпитера. Сь другой стороны что касается той или другой плоскости для многих астероидов определяемая ими линия имеет значительное приближенно такое же положение, как и линия апсид Юпитера. Оба эти обстоятельства могут быть объяснены притяжением Юпитера, как это показал сначала Плотонъ, а затѣм также Ньюкомбъ.

\* В заключение этого параграфа следовало бы не лишнимъ привести еще некоторыя любопытныя сведения, которыя мы замечаемъ изъ весьма обширной работы Б. Уиннера, опубликованной имъ въ самое недавнее время по поводу столѣтня со дня открытия первой малой планеты Цереры.

1) 315 астероидовъ имѣютъ наклонность меньше 10°, 133 между 10° и 20°, 29 — между 20° и 30° и одна только Паллада больше 30°.

2) 117 изъ нихъ имѣютъ эксцентриситетъ меньше 0,10, 246 между 0,10 и 0,20, 88 между 0,20 и 0,30 и только 10 больше 0,30. Кроме въ 17 астероидовъ вычислены въ предположеніи, что онѣ движутся по круговымъ орбитамъ.

3) Безъ удивленія различныя величины планеты (а три съблизивая группы: а) группа Марса, съ среднимъ движениемъ (часъ I, § 82) отъ 2015" до 3000" б) группа Юпитера, съ среднимъ движениемъ отъ 600 до 400 в) группа Юпитера, съ среднимъ движениемъ отъ 600 до 400. Въ первой изъ упомянутыхъ группъ принадлежитъ 112 планеты, во второй 344 и въ третьей 22. Замѣтимъ, что среднія движенья 600 и 900 соответствуютъ тѣмъ пробеламъ, для которыхъ время обращения астероида было бы въ 2 или въ 3 раза меньше времени обращенія Юпитера.

Наконецъ, нашимъ читателю имѣетъ особенное, до всей вѣроятности, быть извѣстно, что Маскаръ въ только что извѣстивъ въ свѣтъ его работѣ о малыхъ планетахъ приходится къ заключенію, что образованіе кольца астероидовъ было обусловлено тремя причинами: дѣйствіемъ Юпитера, какъ это слѣдуетъ также изъ вышеизложеннаго, принадлежностію преобладающее значеніе къ крайней мѣрѣ въ смыслѣ основныхъ чертъ, характеристическихъ системѣ этихъ небесныхъ тѣлъ, что же касается некоторыхъ частности въ рѣшительности астероидовъ въ самомъ кольцѣ, то дѣло можно вѣдать явнымъ слѣдомъ дѣйствія Марса, а также и самого кольца. \*

§ 74. **Возможность взаимнаго сближенія астероидовъ.** Весьма часто возбуждается вопросъ о томъ, не могутъ ли отдаленныя небесныя тѣла нашей солнечной системы приближаться другъ къ другу на столько, чтобы вѣдѣніе такого сближенія произошло въ ихъ движеньяхъ необыкновенно большаго возмущенія. Пока были извѣстны только большія планеты, при такомъ родѣ вѣдѣній можно было бы рѣчь исключительно или о взаимномъ сближеніи кометъ, или о сближеніи этихъ послѣднихъ съ планетами, такъ какъ орбиты большихъ планетъ въ силу отдаленности другъ отъ друга значительными промежутками

Високослетия (глава XIII) мы еще будем говорить о взаимныхъ отношеніяхъ кометъ съ этой точкой зрѣнія. Теперь же займемся изслѣдованемъ о возможномъ взаимномъ сближеніи астероидовъ, такъ какъ этотъ вопросъ приобрѣлъ большую важность и огромный интересъ съ тѣхъ поръ, какъ число малыхъ планетъ стало быстро увеличиваться.

Наша задача распадается на двѣ части. Прежде всего намъ предстоитъ опредѣлить, въ какихъ мѣстахъ двѣ какіи-нибудь орбиты лежатъ весьма близко одна отъ другой и затѣмъ необходимо изслѣдовать, когда соответственные планеты проходятъ черезъ эти мѣста своихъ орбитъ приблизительно въ одно и то же время.

Точное опредѣленіе кратчайшаго расстоянія между двумя эллиптическими орбитами представляетъ собою весьма трудную задачу, рѣшеніе которой прило- дѣ къ очень сложнымъ формуламъ, и если бы мы пожелали производить вычисленія по этимъ формуламъ, то намъ пришлось бы потратить на это не мало времени и труда. Поэтому уже въ 1802 году, когда особенное положеніе орбитъ Цереры и Юпитера впервые послужило поводомъ къ такому рода изслѣдованіямъ, для обозначенія этой задачи было сдѣлано предположеніе, что кратчайшее расстояние между двумя орбитами лежитъ въ общій ихъ линіи узловъ, причѣмъ было необходимо опредѣлить только разность радиусовъ векторовъ, соотвѣствующихъ съ этой линіей такое вычисленіе не представляло никакого труда. Но при болѣе подробномъ разсмотрѣніи долго убѣдился, что въ нашемъ случаѣ, когда эллиптическія орбиты, отличающіяся различными эксцентриситетами и различныя мѣста различающагося въ плоскостяхъ мѣста вѣктообразныхъ другъ къ другу имѣютъ общія точки, а не делятъ взаимноперпендикулярное пространство, часто можетъ случиться, что всѣмъ относителнымъ результатамъ. Но чтобы все таки не сдѣлать этого предположенія и сдѣлать трудъ и въ то же время приближаться къ истинѣ, мы можемъ воспользоваться следующимъ способомъ. Къ истинному рѣшенію графическое рѣшеніе слѣдуетъ прибавить къ вышеизложеннымъ изслѣдованіямъ, представляющимъ образцы расположенныхъ въ пространстве. Характернаго тутъ то, откуда бы мы ни по нимъ ни смотрѣли, оно оловенду съ нами является намъ посредствомъ обычныхъ кривыхъ, и а намъ достаточно посредство сдѣлать оубъ изслѣдованіе, которое представляетъ въ видѣ, вѣроятно, только съ мѣсто орбиты опредѣленію мѣста. Если желательно рѣшить вопросъ о томъ, подходятъ ли двѣ орбиты въ какомъ-нибудь мѣстѣ весьма близко одна къ другой, то то вѣроятно изслѣдовать эти орбиты, смотря на нихъ со нѣмъ взаимно-перпендикулярными направлениями, или же въ томъ и другомъ случаяхъ имѣемъ взаимное сближеніе обихъ зрѣнхъ въ какомъ-либо опредѣленномъ мѣстѣ, то это послужить признакомъ, что и въ истинности существовать такое сближеніе орбитъ. Поэтому прежде всего необходимо получить провѣрку каждой изъ интересующихъ насъ орбитъ какъ на плоскости эклиптики, такъ и на плоскости друга широты, проходящую черезъ разностъ истинныхъ точки. Тутъ мы вѣдѣемъ и чертить каждую изъ такихъ проекцій на отдельномъ листѣ прозрачной бумаги, чтобы, возможно было накладывая соответственные листки другъ на друга, и имѣть взаимное расположеніе обихъ орбитъ при различнхъ углахъ зрѣнія. Образомъ всевозможныхъ комбинацій по нѣмъ для нѣхъ орбитъ астероидовъ мы можемъ такимъ образомъ не только открывать случаи особеннаго тѣснаго сближенія орбитъ, но также и указать ту часть небѣ, въ такомъ сближеніи имѣеть мѣсто. Такимъ способомъ были изслѣдованы первые 82 астероида и при этомъ было найдено 333 случая, въ которыхъ кратчайшее расстояние двухъ орбитъ если за единицу расстояній считать среднее расстояние отъ земли до солнца, равнялося 0,02, что составляетъ 3000000 километровъ. Некоторые изъ изслѣдованныхъ комбинацій достойны особеннаго вниманія. Въ весьма многихъ случаяхъ элементы обихъ орбитъ были настолько различны, что нельзя было даже и подеривать, какъ сколько-нибудь малымъ было сближеніе орбитъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ же оказывалось, что эти орбиты почти совершенно одинаки въ одномъ случаѣ и въ другихъ мѣстахъ были такъ близки къ взаим-

ному переключению. Такое сближение двух орбит в двух местах, что случается отчасти во всяком случае, к весьма редким явлениям, наблюдается в 91 случае. Точно также весьма замечательно то обстоятельство, что для некоторых орбит такое сближение имело место на весьма значительном протяжении. Наиболее достойный внимания примеръ в этом отношении представляют Диана и Ферония, орбиты которых проходят в весьма близком взаимномъ разстоянии на протяжении не менее, какъ 100° дуготы. Поэтому если бы объ эти планеты одновременно заняли положение, соответствующее среднимъ только что упомянутому продолжению, то приблизительно в течение 280 дней послѣ этого момента ихъ разстояніе оставалось бы равнымъ 0,03. Для планетъ Евтерия и Массали продолжение на которомъ имѣетъ место сближение ихъ орбитъ, составляетъ 71°. Сближения особенно большого числа орбитъ въ какомъ-нибудь определенномъ мѣстѣ мирового пространства замѣчено не было, поэтому съ большою вероятностью можно допустить, что съ расширеніемъ разсматриваемаго мѣста изслѣдованія на большее число астероидовъ еще яснѣе выступитъ замѣчательная и теперь равномерность въ распредѣленіи такого рода сближеній орбитъ.

Чтобы рѣшить и вторую часть предложенной нами здѣсь задачи, т. е. чтобы изслѣдовать тѣ случаи, когда можно имѣть место действительное (физическое, а не оптическое) сближеніе интересующихъ насъ планетъ, необходимо определить для каждого оборота разности времени прохожденія соответственныхъ двухъ планетъ черезъ тѣ мѣста ихъ орбитъ, гдѣ разстояніе между этими послѣдними достигаетъ наименьшей величины, т. е. моменты, когда эти разности весьма близки къ нулю, и представляютъ собою моменты действительнаго сближенія планетъ.

Первые 82 астероида были изслѣдованы также и въ этомъ отношеніи. При этомъ для промежутка времени съ 1875 года до конца 1899 г. было найдено 20 достойныхъ вниманія случаевъ, изъ которыхъ мы приводимъ здѣсь четыре послѣднихъ:

Диана и Леда . . . . .	въ серединѣ ноября 1895 года,
Конкордія и Эхо . . . . .	» концѣ марта 1897 года,
Калипсо и Изисъ . . . . .	» серединѣ іюня 1899 года,
Изисъ и Мелета . . . . .	» началѣ августа 1899 года.

Впрочемъ случается замѣтить, что такими сближеніями двухъ астероидовъ никоимъ образомъ нельзя пренебрегать какого-нибудь особенно рѣзкаго изъ числа. Даже въ томъ случаѣ, когда взаимное разстояніе двухъ астероидовъ является равнымъ 0,02 или еще меньше, вследствие чрезвычайной малости этихъ небесныхъ тѣлъ они не могутъ оказать другъ на друга сколько-нибудь замѣтнаго вліянія, такъ что и для малыхъ планетъ, въ общемъ, можно обращаться въ высшемъ среднѣмъ пространствѣ. Действительно, весьма сближенія принадлежатъ къ весьма редкимъ явлениямъ, между тѣмъ какъ эти случаи влѣтъ за сближенія случаются очень часто. Тамъ не менѣе не слѣдуетъ упускать изъ виду такого рода изслѣдованія, такъ какъ этотъ путь, повидимому, представляеть единственную возможность непосредственнаго опредѣленія мѣста астероидовъ.

Но если взаимныя разстоянія между этими небесными тѣлами лишь на очень рѣдкихъ случаяхъ уменьшаются до разстоянія, отдѣляющаго луну отъ земли, зато небесныя тѣла видны и съ астероидовъ, представляеть великолѣпную картину вѣдѣние взаимнаго отношенія планетъ, которыя, благодаря близости другъ къ другу, на столько же интересны въ своей яркости, на сколько онѣ припривагаютъ вѣдѣние своимъ малымъ разстояніемъ. Поэтому эти планеты усматриваемыя съ какого-нибудь изъ астероидовъ, по своей яркости могутъ приравняться къ нашимъ наиболее яркимъ планетамъ и даже, можетъ-быть, превосходить ихъ.

## ГЛАВА VII.

## Ю П И Т Е Р Ъ.

§ 75 **Общая свѣдѣнія.** Эту наибольшую изъ всѣхъ планетъ легко можно узнать по ея свѣтложелтому цвѣту и по ея весьма значительной яркости, которая уступаетъ только яркости Венеры. При благоприятныхъ обстоятельствахъ Юпитеръ иногда можетъ быть замѣченъ на небѣ невооруженнымъ глазомъ, даже днемъ вѣкоръ поелѣ восхода солнца или послѣдо до его заката. Уже въ небольшія трубы Юпитеръ представляется въ видѣ довольно значительнаго диска, сопровождаемаго 4 спутниками, которые кажутся расположенными почти въ точности на одной прямой лини, проходящей черезъ центръ шара (рис 136). Среднее расстояние отъ Юпитера до солнца приблизительно въ 5,2 раза больше средняго расстоянія отъ земли до солнца слѣдовательно, оно равно 773 миллионамъ километровъ. Эксцентриситетъ орбиты Юпитера составляетъ 0,05 отъ средняго расстоянія, вследствие чего эта планета въ афелии (часть I, § 76) отстоитъ отъ солнца на 811, а въ перигелии на 736 километровъ. Расстояние Юпитера отъ земли, при передвиженіи его изъ противоположннхъ съ солнцемъ въ соединеніе, измѣняется отъ 578 до 960 миллионовъ километровъ, причѣмъ видимый диаметръ его мѣняется отъ 31 до 31". \* На рис. 137 изображены видимые размеры Юпитера соотвѣствующи его крайнимъ и среднему расстояніямъ отъ земли. \*

Зная видимый диаметръ и соотвѣтственное расстояние Юпитера отъ земли, можно вычислить также и истинный диаметръ его (часть I, § 43). Истинный диаметръ этой планеты равенъ 143 760 километрамъ, и слѣдовательно онъ въ 11 разъ больше диаметра земли. Поверхность Юпитера въ 121 и его объемъ въ 1330 разъ больше поверхности и объема земли. Слѣдовательно, изъ этой планеты можно было бы сдѣлать 1330 такихъ шаровъ какъ наша земля. \* (Сравнительные размеры Юпитера и земли представлены на рис 138. \* Изъ солнца можно было бы сдѣлать 962 такихъ шаровъ, какъ Юпитеръ. Масса Юпитера въ 308 разъ больше массы земли. Это значитъ, что, если бы мы и одну чашку львовъ положили шаръ по величинѣ равный Юпитеру, а на другую 308 такихъ шаровъ, какъ наша земля, то мы находились бы въ равновѣсн. Зная объемъ и массу Юпитера, мы находимъ, что средняя плотность его въ четыре раза меньше средней плотности земли и слѣдовательно, равна плотности янтаря. Несмотря на такую незначительную плотность и несмотря на быстрое вращеніе Юпитера, тѣлѣ при свободномъ паденіи изъ поверхности этой планеты, вѣтеръ ея огромной массы, пролетѣвъ въ первую секунду 10,9 метровъ.



Рис. 136.

По своей огромной массѣ, которая приблизительно въ три раза превосходитъ сумму массъ всѣхъ остальныхъ планетъ, Юпитеръ является какъ бы вторымъ главнымъ членомъ нашей солнечной системы. Поэтому, для астрономовъ весьма важно знать точную величину массы Юпитера, такъ какъ приблизительныя данныя о массѣ Юпитера обуславливаются болѣе чѣмъ полумиллиардомъ другими планетами, особенно астероидами близкими къ

этому звену и некоторыми кометами, при своем движении почти касаясья этой планеты. На этом основании еще Ньютонъ сдѣлалъ попытку опредѣленія массы Юпитера по способу упомянутому въ § 58, причемъ для этой дѣли онъ воспользовался четвертымъ спутникомъ Юпитера и для видимата радиуса орбиты этого спутника принялъ значение, вытекающее изъ наблюдений его друга Галлея и изъ измѣреній Нонда. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что масса Юпитера составляетъ  $\frac{1}{1047}$  массы солнца.

Но кромѣ только что указаннаго способа опредѣленія массы планетъ есть еще другой особенно пригодный въ случаѣ такой большой планеты, какъ Юпитеръ. Сущность этого способа состоитъ въ слѣдующемъ. Возмущенія, производимыя какою-нибудь планетою

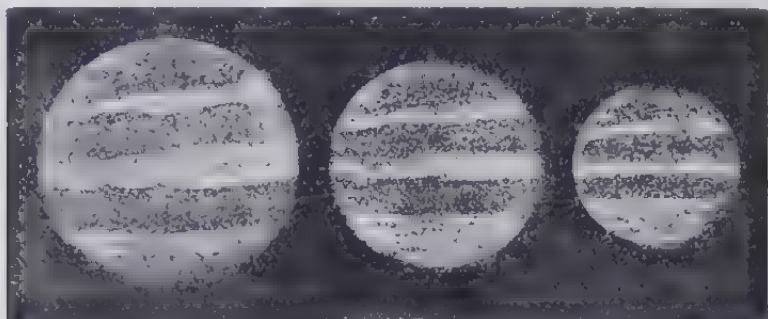


Рис. 137.

въ движеніи другихъ планетъ, тѣмъ больше, чѣмъ больше возмущающая масса; а потому и обратно по дѣйствию, которое какая-нибудь планета оказываетъ на другую и которое можетъ быть подсчитано при помощи вѣдоуній, явилась возможность сдѣлать заключеніе о причинѣ этого дѣйствія, илче говоря, о массѣ возмущающей планеты. Буваръ, по совету знаменитаго геометра Лапласа, предпринялъ опредѣленіе массы Юпитера по этому способу на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ движеніи Сатурна и нашелъ для этой массы величину  $\frac{1}{1107}$ , что весьма немного отличается отъ вышеприведеннаго значенія массы Юпитера. Такое солженіе поводому, дало астрономамъ право

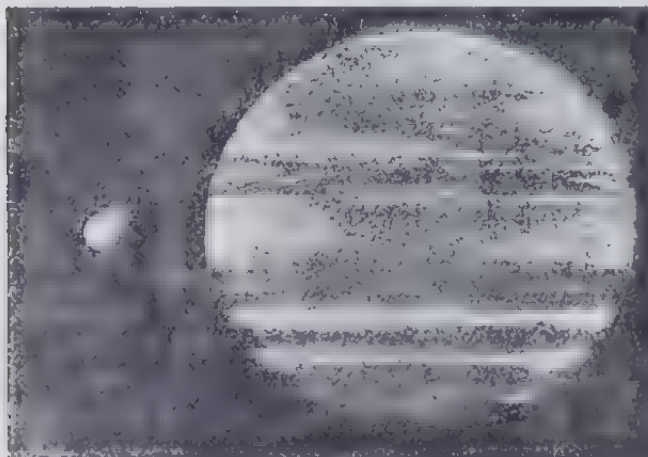


Рис. 138.

на это обстоятельство впервые обратилъ вниманіе Гауссъ, который на основаніи изслѣдованій итальянца Паллади нашелъ, что масса Юпитера, считавшаяся до него весьма точною, такъ какъ увеличена на  $\frac{1}{8}$  часть ея и, следовательно, различается  $\frac{1}{1047}$  массы

заклчить, что масса Юпитера была опредѣлена съ весьма большою точностью, и между прочимъ Лапласъ въ своей «Небесной Механикѣ» массу Юпитера считаетъ такой величиной, съ которой по точности могутъ сравниться лишь весьма немногія другія величины, употребляющіяся въ астрономіи. Однако въ движеніи малыхъ планетъ Юпитеръ производитъ гораздо болѣе значительныя возмущенія, чѣмъ въ движеніи Сатурна.

солнца. Этотъ результатъ впоследствии былъ подтвержденъ астрономами Николан и Энке, изъ которыхъ первый занимался изслѣдованіемъ движенія Юпитера, а второй — Весты.

Но такъ какъ астрономы все еще не могли освободиться отъ мысли о высокой точности первыхъ опредѣленій массы Юпитера на основаніи движенія его спутниковъ, и въ то же время по другому способу, въ надежностяхъ котораго также нельзя было сомнѣваться, получался совершенно другой результатъ, то являлось недоразумѣніе, высказывавшееся неоднократно уже и раньше, а именно, что притяженіе, оказываемое землей и вообще планетами на различныя тѣла, различно, и что здѣсь, можетъ-быть, приходится имѣть дѣло съ чѣмъ-то подобнымъ химическому средству. Сообразно съ этимъ утверждали, что астероиды притягиваются Юпитеромъ съ нѣсколько большею силою, чѣмъ его спутники. Это обстоятельство послужило къ многочисленнымъ ученымъ спорамъ, которыя, само собою понятно, не привели ни къ какому опредѣленному результату. Но при этомъ по неопытнымъ причинамъ никому не пришло въ голову предложить единственно правильный способъ рѣшенія этого вопроса, состоящій въ покомъ измѣрени видимыхъ размѣровъ орбитъ Юпитеровыхъ спутниковъ при помощи существеннымъ образомъ усовершенствованныхъ на это время инструментовъ, такъ какъ измѣренія Нюйда, произведенныя болѣе чѣмъ 100 лѣтъ назадъ никоимъ образомъ нельзя было считать не подлежащими дальнѣйшему исправленію. Только Триенкаеръ въ Вѣнѣ въ 1794 г. сдѣлалъ попытку новаго опредѣленія видимыхъ радиусовъ орбитъ Юпитеровыхъ спутниковъ при помощи 3-футового объективнаго микрометра Долланда. Онъ опубликовалъ свои прекрѣпныя для такого инструмента наблюденія въ вѣнскихъ эфемеридахъ на 1797 годъ и если бы кому-нибудь пришло тогда въ голову воспользоваться этими наблюденіями для опредѣленія массы Юпитера, то для нея получилась бы величина  $\frac{1}{103}$ , вполнѣ согласная съ тою, которая впоследствии была выведена изъ возмущеній астероидовъ. Но такъ какъ это не было сдѣлано то окончательное рѣшеніе спорнаго вопроса выпало на долю Эври и Бесселя, которые на основаніи своихъ измѣреній при помощи кэмбриджскаго рефрактора и кейтбергскаго телометра получили для массы Юпитера соответственно слѣдующія величины  $\frac{1}{104}$  и  $\frac{1}{1048}$ . Съ этихъ поръ подобныя измѣренія неоднократно производилъ Фотегемъ, Шуромъ и др. и для массы Юпитера постоянно получалась приблизительно одна и та же величина. Точно также Лавверье и въ новѣйшее время Галль сдѣлали новыя опредѣленія массы Юпитера на основаніи возмущеній, производимыхъ имъ въ движеніи Сатурна, и пришли къ подобнымъ же результатамъ. Въсѣтъ съ тѣмъ такимъ образомъ было доказано, что Юпитерь оказываетъ совершенно одинаковое дѣйствіе на своихъ спутниковъ, на малыя планеты и на Сатурна, что впрочемъ можно было ожидать и заранѣе.

Среди огромнаго числа извѣстныхъ въ настоящее время малыхъ планетъ есть много такихъ, на движеніи которыхъ Юпитерь оказываетъ гораздо большее вліяніе, чѣмъ на движеніе 4 первыхъ астероидовъ, и потому, изслѣдуя ихъ движеніе можно опредѣлить массу Юпитера съ гораздо большею точностью, чѣмъ это было сдѣлано раньше на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ тѣлесахъ первыхъ астероидовъ. Подобныя весьма трудныя и требующія много времени выведенія были произведены Пьюкомбомъ относительно Полинимии и Крюгеромъ относительно Фемиды. Но наиболѣе сильно вліяніе Юпитерь оказываетъ, какъ это мы увидимъ впоследствии (глава XIII), на движеніе кометъ. Этимъ обстоятельствомъ воспользовался для опредѣленія массы Юпитера Меллеръ и Гердтъ первый на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ движеніи кометы Фая, второй на основаніи изслѣдованія движенія кометы Виннике. Результаты всѣхъ этихъ изслѣдованій Пьюкомбъ сопоставилъ въ слѣдующей табличкѣ, въ которой въ первомъ столбцѣ приведены текущіе номера, во второмъ указаны способъ, послужившій для опредѣленія массы Юпитера, и въ третьемъ дана величина  $m$ , если  $\frac{1}{m}$  представляетъ массу Юпитера.

1.	Спутники Юпитера . . . . .	1047,82
2.	Возмущенія Сатурна . . . . .	1047,38
3.	»      »      Юмиды . . . . .	1047,54
4.	»      »      Полигимии . . . . .	1047,34
5.	»      »      кометы Фая . . . . .	1047,79
6.	»      »      кометы Винске . . . . .	1047,17

Отличныя значенія величины  $m$ , приведенныя въ этой таблицѣ, весьма мало отличаются другъ отъ друга, что блестящимъ образомъ доказываетъ огромную точность полученныхъ вычисленій и въ несомнѣнное превосходство передъ старыми. Наиболее достойными изъ вышеуказанныхъ значеній  $m$  по мнѣнью Плукомба являются гв, который приведенъ подъ номерами 2, 4 и 6, и сообразно съ этимъ за вѣроятнѣйшую величину массы Юпитера, которую можно вывести изъ всѣхъ известныхъ до сихъ поръ опредѣленій,

если считать табл.  $\frac{1}{1047,35}$ . Одинъ взглядъ на вышеприведенную таблицу приводитъ насъ къ убѣжденію, что это число можетъ заключать въ себѣ лишь весьма небольшую ошибку.

Сидерическое время обращенія Юпитера составляетъ 4332,58, тропическое 4330,59 и сидерическое 398,87 дни (часть I §§ 84, 85, 86). При своемъ движеніи около солнца планета проходитъ въ среднемъ 13 километровъ въ секунду и следовательно движется въ 2,3 раза медленнѣе земли и въ 4 раза медленнѣе Меркурія.

Слѣтъ, посвящаемыя къ намъ Юпитеромъ во время его оппозицій съ солнцемъ, въ среднемъ, какъ показали изслѣдованія Целльнера, въ 5472 миллиона разъ слабѣе солнечнаго свѣта.

Знакъ ♃, присвоенный Юпитеру, представляетъ по древнему способу написанія первую букву въ греческомъ словѣ Ζεύς.

§ 76 Отличіе четырехъ наиболѣе удаленныхъ планетъ нашей солнечной системы отъ ближайшихъ. Изъ всѣхъ разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ планетъ Юпитерь является первымъ гломъ особаго рода, имъ называется, такъ сказать, новый родъ планетъ. Меркурій, Венера, Марсъ и земля во многихъ отношеніяхъ существеннымъ образомъ отличаются отъ наиболее удаленныхъ планетъ Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Астероиды же какъ бы составляютъ звено, связующее эти двѣ группы планетъ между собою. Первое различіе этихъ двухъ группъ заключается въ томъ, что планеты одной группы отличаются блатами, обусловливаемыми постоянною близостью солнца, планеты же другой группы наоборотъ, весьма значительно удалены отъ солнца, такъ что, напр., съ Юпитера диаметръ солнца усматривается подъ небольшимъ угломъ, равнымъ всего только 6°, и следовательно кажется въ 5 разъ меньше, чѣмъ съ земли. Изъ четырехъ ближайшихъ къ солнцу планетъ три вращаются около своихъ осей, совершая полный оборотъ по всей дуге своей широты именно въ то же время, именно въ теченіе нашихъ сутокъ; четвертая же четвертой проходить по видимому, значительно медленнѣе. Четыре же наиболее удаленныя отъ солнца планеты, несмотря на свой гораздо болѣе размахи сравнительно съ планетами предыдущей группы вращаются около своихъ осей, какъ извѣстно, гораздо быстрѣе. Такъ, напр., Юпитерь и Сатурнь совершаютъ полный оборотъ въ 0,4 нашихъ сутокъ, такъ что на этихъ планетахъ свѣтъ дня и ночи происходитъ значительно скорѣе, чѣмъ у насъ. На этомъ основаніи у этихъ планетъ и наблюдается, какъ мы скоро увидимъ, весьма значительное сжатіе, вношѣ замѣтное, несмотря на большія разстоянія, отъ солнца близость этой группы отъ земли, между гвмъ какъ у 4 ближайшихъ къ солнцу планетъ, жидко до весьма случая весьма мало. Эти послѣднія четыре планеты отличаются своимъ состояніемъ размахи въ противоположность наиболее удаленнымъ планетамъ. Въ планетѣ Юпитера гомъ гвмъ три раза на чистѣ, выражающія объема планетъ при предположеніи, что объемъ земли принять за единицу.



Планета.	Объемъ.	Планета.	Объемъ.
Меркурий . . . . .	0,05	Юпитеръ . . . . .	1330
Венера . . . . .	0,8	Сатурнъ . . . . .	823
Марсъ . . . . .	0,14	Уранъ . . . . .	92
Земля . . . . .	1,0	Нептунъ . . . . .	80

Точно также и массы планетъ, принадлежащихъ къ этимъ двумъ группамъ, весьма различны между собою. Принимая массу земли за единицу, массы остальныхъ планетъ выразимъ слѣдующими числами:

Планета.	Масса.	Планета.	Масса.
Меркурий . . . . .	0,03	Юпитеръ . . . . .	308
Венера . . . . .	0,8	Сатурнъ . . . . .	92
Марсъ . . . . .	0,1	Уранъ . . . . .	15
Земля . . . . .	1,0	Нептунъ . . . . .	16

Наконецъ, что касается плотностей планетъ, то и въ этомъ отношеніи, повидимому, существуетъ рѣзкая разница между обѣими группами. Если плотность земли принять за единицу, то плотности другихъ планетъ выразятся слѣдующими числами:

Планета.	Плотность.	Планета.	Плотность.
Меркурий . . . . .	0,7	Юпитеръ . . . . .	0,25
Венера . . . . .	0,9	Сатурнъ . . . . .	0,12
Марсъ . . . . .	0,7	Уранъ . . . . .	0,2
Земля . . . . .	1,0	Нептунъ . . . . .	0,3

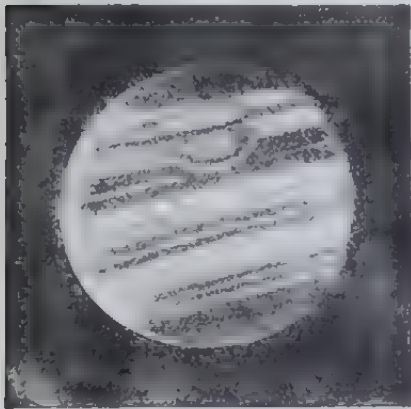


Рис. 139

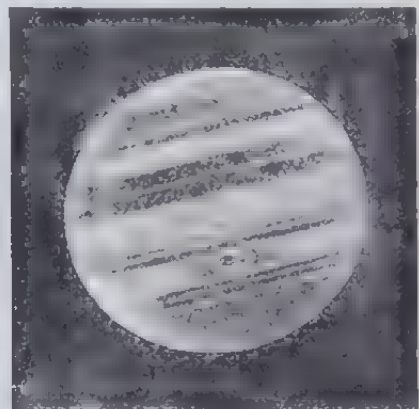


Рис. 140.

Такимъ образомъ, по количеству свѣта и теплоты получаемыхъ планетами отъ солнца, по продолжительности дня и по плотности четыре ближайшия къ солнцу планеты превосходятъ планеты другой группы, что же касается объема, массы и скатія, то перевѣсъ лежитъ на сторонѣ болѣе удаленныхъ планетъ.

§ 77. Полосы и пятна на поверхности Юпитера. Можно привести еще и другое существенное различіе между этими двумя, такъ сказать, отдельными семьями планетъ. Оставляя въ сторонѣ Урана и Нептуна, подробно изученіе поверхностей которыхъ весьма затруднительно вследствие огромныхъ разстояній отдѣляющихъ эти планеты отъ земли, мы тотчасъ замѣтимъ, что поверхности Юпитера и Сатурна представляютъ явленія, сходныя во многихъ отношеніяхъ. На поверхности Юпитера усматриваются въ значительномъ числѣ большія и малыя полосы, параллельныя экватору этой планеты, и наибольшія изъ нихъ проходятъ черезъ полюсъ ея. Таки полосы открылъ астрономъ Фонтана еще

въ 1633 г. Кампани при помощи имъ самимъ усовершенствованныхъ, превосходныхъ для его времени астрономическихъ трубъ замѣтилъ въ 1664 году 4 темныхъ и 2 свѣтлыхъ пояса Геллѣй и Кассини впервые убѣдились въ томъ, что эти пояса приблизительно параллельны эклиптикѣ. Прилагаемая при семъ таблица представляетъ фотографію Юпитера, снятую на Ливерской обсерваторіи. На этой фотографіи, такъ же какъ и на рисункахъ 138—142, ясно видны пояса, характерныя для разсматриваемой нами планеты. Пояса, близкіе къ экватору планеты, обыкновенно бываютъ наиболее широкими, и въ то же самое время являются наиболее состоятельными по своей формѣ, вообще же пояса, наблюдаемыя на поверхности Юпитера, сильно мѣняютъ не только свой видъ, но также и свою интенсивность и окраску. Такъ, напр., экваторальная полоса которая обыкновенно бываетъ сѣвѣтато серебрянаго цвѣта, въ концѣ 1869 года казалась Броунингу желтой, поясы, которыя прилежали съ сѣвера и съ юга къ только-что упомянутой, были ярче и свѣтлѣе, чѣмъ какавя бы то ни было другая часть поверхности Юпитера, поясы, болѣе близкіе къ полюсамъ, казались мѣдиокрасными, и, наконецъ, самые полюсы представлялись темносѣеными.

Когда въ началѣ іюля 1878 года Юпитеръ вышелъ изъ лучей солнца, на его поверхности было замѣчено большое овальное пятно яркореаенаго цвѣта, которое въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ представляло на поверхности этой планеты наиболее бросающійся въ глаза

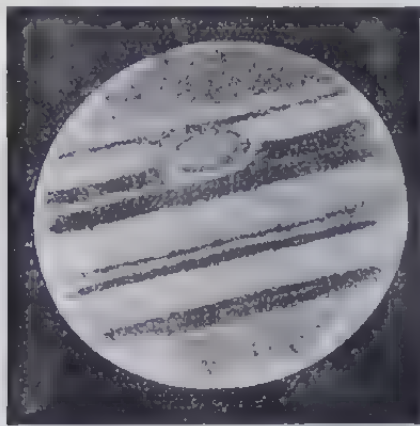


Рис. 141.

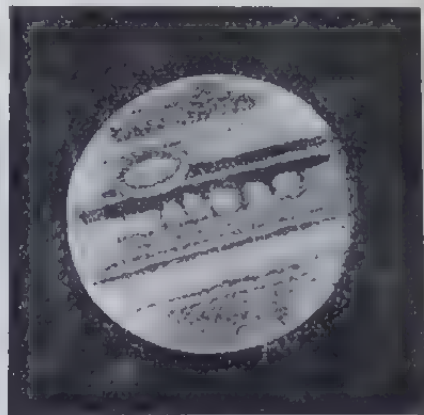


Рис. 142.

предметъ и которое до настоящаго времени лишь весьма незначительно замѣнилось во виду и величинѣ, хотя его цвѣтъ и интенсивность подвергались съ теченіемъ времени весьма значительнымъ колебаніямъ. Рисунки 138—141 изображаютъ поверхность Юпитера въ томъ видѣ какъ она представлялась глазамъ наблюдателей въ 1896 году 14 февраля, 23 и 24 апрѣля и 13 мая. На трехъ изъ этихъ рисунковъ читатель легко можетъ видѣть упомянутое нами пятно.

Это пятно съ 1878 года до конца 1882 года оставалось почти неизмѣннымъ, послѣ же этого оно стало такъ быстро блѣднѣть, что наблюдатели даже подозрѣвали, что оно скоро совершенно исчезнетъ. Однако этого не случилось; напротивъ того, въ 1885 и 1886 гг. пятно вновь снова увеличилось настолько, что оно сразу бросилось въ глаза, а послѣ въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ оно опять казалось весьма слабымъ. Въ концѣ 1890 г. и въ началѣ 1891 года его интенсивность снова увеличилась, а цвѣтъ пятна сдѣлался такимъ же, каковыиъ былъ во время его открытія. Послѣ этого яркость пятна стала опять уменьшаться и во время оппозицій Юпитера 1894 и 1895 года это пятно едва можно было замѣтить. \* На рис. 143 изображено, по наблюденіямъ Девингта, это красное пятно для сдѣланныхъ моментовъ 19 ноября 1880 года, 30 октября 1882 года,



Юпитеръ, до фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи

6 февраля 1884 года и 25 февраля 1885 года. Таким образом это пятно, повидому, представляет предмет переменный по яркости и цвету, и если мы, ставши на такую точку зрѣнія, будемъ разсматривать старые рисунки Юпитера, то увидимъ въ заключеніе, что еще въ 1872 году Герби на томъ же мѣстѣ поверхности Юпитера замѣтилъ большое но очень неяркое пятно эллиптической формы. Точно также рисунки Гаскеля и Майера, сдѣланные въ 1869 и 1870 годахъ, и рисунки Довеса, относящиеся къ 1857 и слѣдующимъ годамъ, представляютъ совершенно подобную же картину. Поэтому нѣтъ ничего невозможнаго въ томъ, что открытое въ 1878 году красное пятно представляетъ лишь возрожденіе того пятна, которое существовало приблизительно 200 лѣтъ тому назадъ Гукъ и Кассини, причемъ послѣдній слѣдилъ за нимъ въ теченіе 16 лѣтъ.

Кромѣ полосъ на поверхности Юпитера весьма часто бываютъ замѣтны небольшія темныя облакообразныя пятна, которыя иногда, подобно нашимъ облакамъ, сконцентрируются въ одномъ мѣстѣ, а затѣмъ снова расходятся и распространяются по значительной части поверхности Юпитера. Изъ большихъ полосъ очень часто выходятъ въ видѣ лучей полосы меньшихъ размѣровъ. Иногда среди полосъ выступаютъ весьма яркія, бѣлыя или весьма темныя резко ограниченныя маленькія пятна. Такихъ пятенъ особенно много было въ сѣверномъ полушаріи планеты въ 1890 и 1891, а также въ 1894 и 1895 годахъ.

Въ дополненіе къ всему вышесказанному добавимъ, что часто въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени поверхность Юпитера находится въ сравнительно спокойномъ состояніи, иногда же, какъ это было, напр., во время

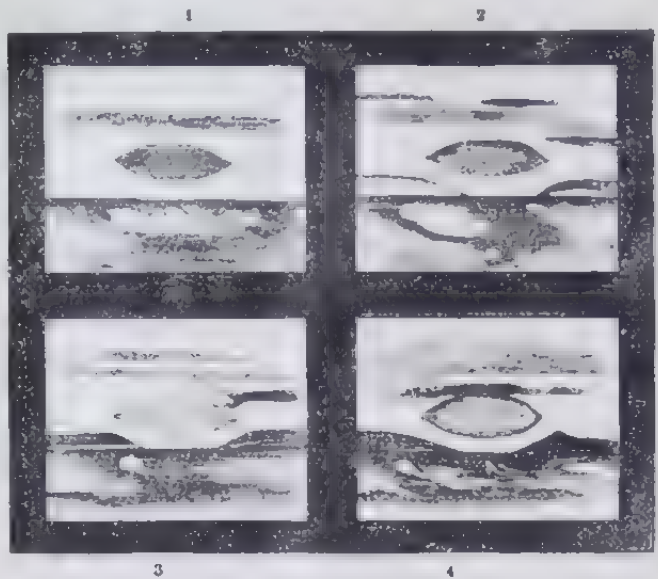


Рис. 143.

оппозицій 1894 и 1895 годовъ, на поверхности планеты замѣтна оживленія дѣятельность. Исследования Рэнбюръ, Лоръ и другихъ сводятъ поводъ думать, что измѣненія на поверхности Юпитера происходятъ въ известной связи съ дѣятельностью солнца.

§ 78. Вращеніе Юпитера около оси и его сжатіе. Истинныя продолжительное и времени вращенія Юпитера около оси намъ до сихъ поръ еще въ точности неизвѣстны, такъ какъ пятна, которыми пользуются для опредѣленія вращенія, подобно солнечнымъ пятнамъ, дѣлятъ различныя величины времени вращенія въ зависимости отъ ихъ положенія на поверхности планеты. Такъ, Д. Кассини, основатель Парижской обсерваторіи, воспользовавшись вышеупомянутымъ пятномъ, за которымъ онъ слѣдилъ въ теченіе 16 лѣтъ, получилъ для времени вращенія Юпитера около оси  $9^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 52^{\text{с}}$ , между тѣмъ какъ локмисе въблизи экватора, пятно, которое онъ наблюдалъ въ теченіе 2 мѣсяцевъ далъ ему для этого времени вращенія только  $9^{\text{ч}} 51^{\text{м}}$ . Подобнымъ же образомъ вышеописанное красное пятно дѣлаетъ для времени вращенія  $9^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 41^{\text{с}}$ , между тѣмъ какъ многія бѣлыя облаковидныя образованія, наблюдавшіяся въ 1880 году въ экваториальныхъ поясахъ Юпитера, составляли полный оборотъ въ  $9^{\text{ч}} 50^{\text{м}} 6^{\text{с}}$  — а одно пятно, по наблюденіямъ Грувело — еще

ты  $9^{\circ} 47'$ . Все это побудило А. А. Блондельского подвергнуть подробной обработке все собранные им материалы, накопившиеся до 1891 года. При этом оказалось, что впадины лежат между экватором и  $5'$  ювидентрической широты, совершая полный оборот около оси планеты в  $9^{\circ} 50''$ , между тем как пятна, расположенные в широтах между  $10'$  и  $45'$  ювидентрической широты, вращаются для времени вращения  $9^{\circ} 55''$ . Пятна же по движению лежат в промежуточных областях, т. е. между  $5'$  и  $10'$  ювидентрической широты. Эти времена вращения планеты получаются то в раз, то втрое в пятнах. Таким образом Юпитер представляет некоторое сходство с солнцем в том, что и на его поверхности в экваториальных странах вращение происходит быстрее, чем под более значительными широтами.

На поверхности Юпитера встречаются также так называемые пятна, которые имеют весьма странное свойственное свойство. Так различны наблюдатели неоднократно замечали, как будто расположенные на одной и той же параллели, а именно по разным краям друг от друга или же с боковой стороны, пятнышко вращается в одну сторону, и в этом последнем случае оно еще вращается по ходу вращения планеты. Кроме того, иногда замечают, что вращение пятен не совершается с одинаковой скоростью. Подобного рода предметы имеют место до крайних широт в атмосфере Юпитера. Так, в 1878 году наблюдалось явление, которое имело место с 1878 до 1890 года, то есть до полного оборота около оси планеты в  $9^{\circ} 55' 35,1''$ . В том же время наблюдалось явление с 1882 до 1884 года, время вращения пятен около оси в  $9^{\circ} 55' 38''$ , а в 1887 году с 1887 равным  $9^{\circ} 55' 40,6''$ , и с тех пор вращение пятен, по крайней мере, постепенно. Подобным же образом Дежарден наблюдал в 1886 году явление, которое имело место в широтах от  $8'$  ювидентрической широты до  $18'$  ювидентрической широты, а в 1890 и 1891 годах эта разность уменьшилась до  $2,6''$ .

Замечают, что три пятна Юпитера было описано астрономом Вулканом в его работе А. А. Блондельским также на основании критерия Доплера (Физик § 19). На одной и той же параллели были светлые спектральные края от одного края планеты, другой — от другого. Так как один край движется к нам, а другой в то же время от нас, то в первом спектре эти светлые спектральные линии, а в другом — темные. Расстояние между соответствующими линиями в обоих спектрах представляет двойное смещение. Результаты получились вполне согласные с теми, которые выводятся по движению пятен.

Принимая время вращения Юпитера около оси на экваториальных областях планеты равным  $9^{\circ} 50'$ , мы находим, что всякая точка, лежащая на экваторе планеты, движется в каждую секунду 12 6 километрами, т. е. приблизительно в 28 раз больше, чем всякая точка земного экватора, тогда же Юпитер при движении планеты около солнца проходит 13 километров в секунду. Обе эти скорости — скорость вращения планеты около оси и скорость ее обращения около солнца почти совершенно одинаковы, или почти равны, вот друг от друга, то во всяком случае весьма незначительно, следовательно то же самое имеем и для Сатурна. Времена вращения Урана и Нептуна нам неизвестны вращением оси вращения этих планет, по всей вероятности, что они совпадают с плоскостями их орбит. Поэтому на поверхности этих планет вращение совершается в других условиях, чем на поверхности Юпитера или Сатурна, по крайней мере в том, что Юпитеру и Сатурну, вращаются около оси, по крайней мере, гораздо быстрее, чем 4 ближайших к солнцу планеты.

Точка на поверхности Юпитера, которая находится в широте как в любую точку на поверхности Юпитера называется ее угловое возвышение над экватором планеты.

*Переводчик.*

Быстрое вращеніе Юпитера около оси является причиной такого большого сжатія его при полюсахъ, что оно становится замѣтнымъ даже въ слабѣея трубы. Этимъ объясняется, почему сжатіе Юпитера было открыто, насколько мы знаемъ, еще Пикаромъ въ 1673 г. Точно также Грэнтъ указывалъ на сжатіе Юпитера какъ на древнѣйшия примѣры сжатія, замѣченнаго у небеснаго тѣла. С. Кассини въ 1691 году и послѣ него Пондъ, Шортъ и др. выражали сжатіе Юпитера дробью, заключающеюся въ числѣлахъ отъ 1 до 11, что весьма близко къ истинѣ. На основаніи повѣдѣній п. мѣры О. Струве экваториальный діаметръ Юпитера на среднемъ разстояніи этой планеты отъ солнца составляетъ 38 3/4, а полярный 35,5, откуда вытекаетъ, что сжатіе Юпитера равно 1/11. Изъ этихъ цифръ лези слѣдуетъ, что экваториальный радиусъ Юпитера превосходитъ его полярную полуось на 6700 километровъ, между тѣмъ какъ на землѣ подобнаго же различія составляетъ всего только 21 километръ. Что сжатіе должно увеличиваться съ увеличеніемъ скорости вращенія планеты, это было выведено уже раньше (см. I, § 13).

§ 79. **Атмосфера Юпитера и его строеніе.** Древніе астрономы достигли, что Юпитеръ окруженъ весьма плотною атмосферою, что кометы и планеты, которыя мы видимъ на дискѣ планеты, суть облака, плавающія въ этой атмосферѣ, и что вслѣдствіе этого собственно поверхность самой планеты совершенно недоступна нашимъ наблюденіямъ. И древнѣйшія наблюденія показывали, что на поверхности Юпитера происходятъ весьма быстрые перевороты, и вообще габариты этихъ вѣтровъ уже многократно мѣнялись настолько сильно, что образованія, которыя мы замѣчаемъ на дискѣ Юпитера, нигомъ образомъ не могутъ быть приняты за твердые, неизмѣнныя части его поверхности, на долгие бытъ отнесены къ образованіямъ въ постоянномъ дѣятельномъ характерѣ. Но оставаясь въ сторонѣ даже отъ ихъ образованія, которыя въ теченіе несколькихъ лѣтъ остаются почти неизмѣнными, мы все же приходимъ къ заключенію, что вообще наблюдаемыя на его поверхности образованія отличаются значительнымъ послѣдствомъ. Тѣмъ же земныя облака, и потому въ случаѣ Юпитера, возмозжно, не можетъ быть рѣши объ облакахъ въ томъ смѣслѣ, какъ мы ихъ понимаемъ у насъ на землѣ. Барриеръ полагаетъ, что поверхность Юпитера состоитъ изъ своеобразнаго единственнаго вещества, и что различныя окрашенія отдѣльныхъ частей этой поверхности обусловливаются изверженіями внутри планеты.

И дѣйствительно въ этомъ случаѣ легко понять, что масса, выходящая изнутри планеты на ее поверхность въ видѣ земнаго дыма и этого дыма мѣняется свѣтлымъ и темнымъ. Подтвержденіе сдѣлывавшееся часто мнѣннмъ Кассини въ видѣ въ томъ, что свѣтло съ его красноватыми и розовыми тонами и темнѣе свѣтлыя, дѣйствительно болѣе или менѣе значительно возростаютъ до того и слѣдуютъ имъ стоить совершенно темныя пятна, которыя бывають весьма долговѣчными, и которые также возростаютъ черными и темными, проходятъ черезъ красныя и розовыя отѣнки, они постепенно бѣлѣеютъ и исчезаютъ. Голдъ такъ Холдъ (Hould) терпитъ того мнѣнія, что поверхность Юпитера находится въ такомъ состояніи, и что надъ этой поверхностью разлужается атмосфера, въ которой плавають бѣлыя экваториальныя пятна, обладающія свойствами облаковъ.

Впрочемъ, каково бы ни было строеніе поверхности Юпитера, во всякомъ случаѣ слѣдуетъ считать установленнымъ толь фактъ, что эта планета окружена атмосферою. Это обнаруживается, между прочимъ, естественнымъ ослабленіемъ яркости неподвижныхъ пятенъ, которыя покрываются дискомъ Юпитера, а также тѣмъ обстоятельствомъ, что его дискъ въ центральныя части кажется намъ болѣе яркимъ, чѣмъ на краяхъ. Это особенно ясно выступаетъ при прохожденіяхъ спутниковъ Юпитера передъ его дискомъ, проследуя на край диска, спутникъ представляется находящимся на сравнительно темномъ фонѣ; по мѣрѣ же передвиженія къ центру диска онъ постепенно бѣлѣеетъ и перестаетъ также казаться темнымъ пятномъ на свѣтломъ фонѣ. Наконецъ, въ свѣтлѣ Юпитера

кромѣ бесчисленныхъ линий, характеризующихъ солнечный спектръ, наблюдаются въ менѣе преломляемой сто ясти, т. е. со стороны краснаго его конца, полосы поглощения, изъ которыхъ Фотель дѣлаетъ заключение о присутствіи водяныхъ паровъ въ атмосферѣ Юпитера.

Но если такое мощное тѣло, какъ Юпитеръ, окружено сравнительно разреженной атмосферой, то преломленіе лучей въ ней можно представить, какъ это вѣрно полагаетъ Куммеръ, въ высшей степени интересныя и замѣчательныя явленія, совершенно отличныя отъ тѣхъ, которыя являются результатами земной рефракціи. Мы считаемъ необходимымъ подробнѣе рассмотреть эти явленія тѣмъ болѣе, что въ послѣднее время А. Шмидтъ привнесъ въ основаніе теоріи солнечной теоріи.

Преломленіе свѣта въ воздушной оболочкѣ, окружающей какую-нибудь планету, съ одной стороны можетъ проходить такъ, какъ это имѣетъ мѣсто, напр. въ случаѣ нашей земли, т. е. свѣтъ въ лучи, исходящіе изъ какой-нибудь одной точки ея поверхности, претерпѣвъ болѣе или менѣе сильное отклоненіе отъ своего первоначальнаго направленія, выходитъ въ мировое пространство. Но, съ другой стороны, при извѣстныхъ условіяхъ можетъ случиться, что лучи свѣта,  $PA$ ,  $PC$ ,  $P'A'$ ,  $P'C'$  выйдя даже въ болѣе или менѣе сильномъ отклоненіи, въ какой-нибудь точкѣ  $P'$  (рис. 144), ложатся на поверхность планеты,

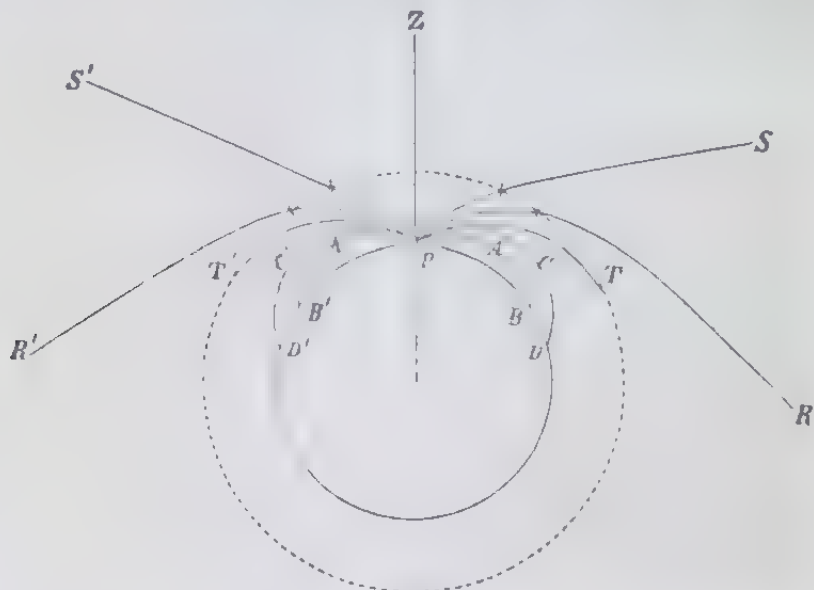


Рис. 144

и не выйдя въ атмосферѣ, выйдутъ на высоту, приближаясь по ходу тѣмъ, какъ это имѣетъ мѣсто у насъ на землѣ, при такъ называемомъ мирѣ днѣ, и снова встрѣчатъ поверхность планеты въ точкахъ  $B$ ,  $D$ ,  $B'$ ,  $D'$ , послѣ чего они, вследствие отраженія, еще разъ поднимутся въ атмосферѣ, чтобы описать кривую трюнную, только что описанную и т. д. Такимъ образомъ лучи представляютъ собою непрерывный рядъ кривыхъ болѣе или менѣе изогнутыхъ, такъ что они, подобно волнамъ, окружаютъ поверхность планеты, не выходя изъ предѣловъ атмосферы въ мировое пространство.

Въ томъ случаѣ, разсмотримъ свѣтовые лучи, выходящіе изъ точки  $P$  все по тѣмъ болѣе или менѣе сильнымъ угламъ направленія. Среди этихъ угловъ, наконецъ, долженъ намъ встрѣтиться такой, при которомъ критичесек и угловъ, характеризующій тѣмъ, что лучи  $PA'$  и  $P'A'$  выйдя изъ точки  $P$  подъ такимъ угломъ, болѣе уже не возвращаются къ планетѣ, а, будучи вѣдены въверхъ, отражаются въ окружающей среду, концентрическую съ планетѣ.

петою и обозначенную на рис. 144 пунктирной линией, и только лучи *PR*, *PS*..., *PR*, *PS*..., вышедшие из точки *P* под углами превосходящими критический уголъ, уже удаляются изъ прѣдѣловъ атмосферы и покидаютъ планету. Атмосферы, обладающія такими свойствами, Шмидтъ называетъ атмосферами второго класса въ отличіе отъ атмосферъ, подобнахъ нашей земной, которыя онъ относитъ къ атмосферамъ перваго класса.

На основаніи вышесказаннаго легко понять, что наблюдатель, находящійся на поверхности небеснаго тѣла, окруженнаго атмосферой второго класса, получаетъ такое впечатлѣніе, какъ-будто онъ находится въ центрѣ чашеобразнаго небеснаго свода, нижній край котораго или такъ называемый видимый горизонтъ нѣсколько возвышается надъ плоскостью истиннаго горизонта, и для любой точки видимаго горизонта этотъ уголъ возвышенія равенъ критическому углу. Въ нижнихъ частяхъ атмосферы видна вся поверхность планеты включительно до антиполюсъ, и притомъ ближайшіе предметы представляются въ ихъ естественномъ видѣ, изображенія же болѣе отдаленныхъ предметовъ сильно искажены — размыты и растянуты. Къ этому первому нижнему изображенію поверхности прилегаютъ сверху непрерывный рядъ кольцеобразныхъ ея изображеній, ширина которыхъ постепенно уменьшается по мѣрѣ приближенія къ краю чашеобразнаго свода.

Подобныя же замѣчательныя явленія имѣютъ мѣсто, какъ нетрудно понять, также и въ томъ случаѣ, когда такое небесное тѣло, окруженное атмосферой второго класса, разсматривается извнѣ, напр. съ какой-нибудь другой планеты, иначе говоря, когда свѣтовые лучи извнѣ проникаютъ въ атмосферу этого тѣла.

Въ этомъ случаѣ наблюдатель, находящійся на другой планетѣ, видитъ всю поверхность такого небеснаго тѣла, т.-е. какъ переднюю, такъ и заднюю ея половины, причемъ глазамъ наблюдателя представляется не только первое главное изображеніе, имѣющее форму диска, но также и безконечный рядъ кольцеобразныхъ изображеній, окружающихъ этотъ дискъ.

Точно также каждый житель такого небеснаго тѣла долженъ видѣть все звѣздное небо, т.-е. не только полушаріе, расположенное надъ нимъ, но также и другое, лежащее подъ нимъ, причемъ тѣ части небесной сферы, которыя находятся вблизи зенита, представляются въ своемъ естественномъ видѣ, болѣе же удаленныя отъ зенита представляются тѣмъ болѣе искаженными, чѣмъ ближе къ видимому горизонту находятся ихъ изображенія. Это главное изображеніе звѣзднаго неба сопровождается болшимъ числомъ кольцеобразныхъ изображеній, скопляющихся около видимаго горизонта.

До сихъ поръ мы разсматривали явленія, наблюдаемыя въ атмосферѣ второго класса, исключительно съ теоретической точки зрѣнія. Въ действительности же житель такой планеты далеко не увидитъ описанныхъ выше чудесъ. Если принять во вниманіе ослабленіе свѣта или даже совершенное его поглощеніе, происходящее при прохожденіи свѣтовыхъ лучей черезъ не вполне прозрачную атмосферу, какова, напр., атмосфера нашей земли, то нетрудно понять, что наблюдатель въ дѣйствительности увидитъ лишь незначительную часть даже перваго главнаго изображенія поверхности, и что размеры этой части зависятъ отъ болшей или меньшей прозрачности атмосферы; второго же и слѣдующихъ изображеній наблюдатель, конечно, совсѣмъ не увидитъ. То же самое имѣетъ мѣсто и относительно звѣзднаго неба: даже солнце — изображеніе котораго вълѣдствіе особыхъ законовъ преломленія свѣтовыхъ лучей въ атмосферѣ второго класса для такой планеты постоянно должно находиться надъ видимымъ горизонтомъ наблюдателя, въ томъ случаѣ, когда оно достигаетъ значительнаго пониженія подъ плоскостью истиннаго горизонта, дѣлается едва замѣтнымъ для глаза, такъ какъ даже первое его изображеніе принимается видъ весьма узкаго, сильно сжатаго эллипса. Поэтому вблизи видимаго горизонта вмѣсто безконечнаго числа налегающихъ другъ на друга изображеній всего неба или всей поверхности планеты должны быть видны только туманныя раздѣляющія полосы.



Подобным же образом и блуждающий вид такого небесного тела, увидев не всю поверхность его зарезь, как этого можно было бы ожидать на основании теоретических соображений, но лишь немного больше половины ей.

Относительно Юпитера еще Куммеръ замѣтилъ, что его атмосфера должна принадлежать къ атмосферамъ второго класса, если ея плотность составляетъ только одну двадцатую часть плотности нашей земной атмосферы.

А Шмидтъ, какъ выше было упомянуто, принявъ, что солнце также окружено атмосферой второго класса, в такомъ образомъ сдѣлать попытку построить физику солнца на совершенно новомъ основаніи. Но такъ какъ наши свѣдѣнія о строеніи солнца и особенно о температурныхъ условіяхъ на его поверхности еще весьма неточны (§§ 27 и 28), то и о характерѣ атмосферы нашего децентрализоваго тела въ настоящее время судить весьма трудно. Кромѣ того Шмидтъ, по видимому, слишкомъ переоцѣнилъ значеніе этого вопроса для изслѣдованія природы солнца.

Неопровержимо высказывалось предположеніе, что Юпитеръ свѣтитъ также собственымъ свѣтомъ, или другими словами, что его поверхность находится въ раскаленномъ состояніи, такъ какъ радиативное огроной массы этой планеты ея охлажденіе не могло произойти такъ же быстро, какъ охлажденіе мѣньше значительныхъ телъ нашей солнечной системы. Это мнѣніе, по видимому, было подтверждено фотографическимъ снимкомъ спектра Юпитера, сдѣланнымъ Дрейеромъ въ 1879 году. Впрочемъ всѣ послѣдующіе снимки спектра, а также фотометрически изслѣдованія планетъ, произведенныя Мюллеромъ, подтверждаютъ предположеніе, что Юпитеръ не только послѣдуетъ дѣль отраженнаго солнечнаго свѣта, но кромѣ того свѣтитъ также и собственнымъ свѣтомъ. Поэтому сдѣлать думать, что вышедшій изъ снимкомъ Дрейера, быть вслѣдствіе вѣдѣнія предмета фотографической пластинки.

§ 80. Климаты и времена года на поверхности Юпитера. Ось экватора Юпитера наклонена къ оси его орбиты подъ малымъ угломъ, равнымъ  $3^\circ$ . Следовательно, для этой планеты наклонность эклиптики составляетъ всего только  $3^\circ$ , т. е. приблизительно въ 8 разъ меньше, чѣмъ для земли. Такъ какъ земной годъ зависить отъ вѣдѣнія этой наклонности (смѣть I, § 37), то легко сообразить, что на поверхности Юпитера лето тамъ весьма мало отличается отъ зимы. Высота солнца надъ горизонтомъ того же мѣста на поверхности Юпитера мѣняется въ теченіе полнаго оборота этой планеты, около полюса всего только на  $6^\circ$ , между тѣмъ какъ у насъ на землѣ въ теченіе въ 12 разъ меньшаго времени это измѣненіе составляетъ  $47^\circ$ . На поверхности Юпитера жители едва бы могли замѣтить солнце почти всегда въ зенитѣ, и даже въ самомъ небоподобителномъ случаѣ его зенитное расстояние составляетъ только  $3^\circ$ . На обѣихъ полюсахъ въ теченіе года жужуло земновид, равно 6 земнымъ годамъ, имѣть мѣсяцъ для непрерывнаго дня, а на экваторѣ и вѣче. Когда то обочающаяся дѣлиной ночи, а жители полюсовъ могутъ видеть солнце, свѣтъ отъ юбка планеты 6 земныхъ годовъ постоянно отбрасывается въ обратномъ вѣдѣ совершить свое движеніе изъ севернаго сферъ все время весьма мало въ тѣнѣ, а и даже въ полдень не возвышается надъ нимъ болѣе, какъ на  $3^\circ$ . Ибо, если мы допустимъ, что жители дѣлиной мѣста на этой планетѣ дѣлятъ съ трудомъ мѣсяцъ на зиму и лѣто, то въ это время года на планетѣ чужеземцы должны были бы чувствовать лишь небольшое число часовъ. Поэтому весьма вероятно, что дѣлиной постоитъ вѣдѣ, параллельная экватору планеты, о которой мы говорили выше, является сдѣлать степь различныхъ климатовъ сосѣднихъ странъ.

Нѣсколько продолжительней годъ на поверхности Юпитера, настолько же коротки и дни на немъ, судя къ этой планетѣ, такъ какъ день и ночь вмѣстѣ тамъ составляютъ приблизительно 10 земныхъ часовъ. Разница между продолжительностью дня (т. е.

продолжительностью пребывания солнца над горизонтом) и продолжительностью ночи на Юпитере весьма незначительна, за исключением стран, очень близких къ полюсамъ, и въ большей части мѣсть въ теченіе цѣлаго года день и ночь, почти въ точности равны между собою, и продолжительность какъ дня, такъ и ночи составляетъ пять нашихъ земныхъ часовъ. Такая быстрая смена свѣта темнотой и наоборотъ должна оказывать большое вліяніе на образъ жизни обитателей этой планеты, если они, подобно намъ, день посвящаютъ своимъ занятиямъ и удовольствіямъ, а ночь — покоемъ и сну. Если бы они въ теченіе дня пожелали довести до конца какую-нибудь намъ чуждую работу, то должны были бы употребить всего нѣсколько минутъ и то, на что намъ требуется цѣлые часы, и поэтому они, вѣроятно, обладаютъ необыкновенной энергіей духа и тѣла.

Здѣсь всѣ явленія были описаны въ предположеніи, что Юпитеръ окруженъ атмосферой перваго класса, т. е. такою-же, какъ и наша земля. Если же допустить, что Юпитеръ окруженъ атмосферой втораго класса, то главное измѣненіе въ вышеописанныхъ явленіяхъ должно заключаться, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущаго параграфа, въ томъ, что солнце для любого мѣста на поверхности планеты никогда не заходитъ и также въ теченіе того времени, которое по общепринятымъ понятіямъ называется ночью, остается видимымъ вѣдѣніемъ особымъ закономъ рефракціи. Слѣдовательно на Юпитере вездѣ господствуютъ условия, подобныя тѣмъ, которая имѣютъ мѣсто въ лавлахъ полнрвныхъ странахъ лѣтомъ.

## ГЛАВА VIII.

### С а т у р н ъ.

§ 81. **Общая свѣдѣнія.** На разстояніи въ девять разъ превосходнемъ разстояніи отъ земли до солнца, совершаетъ около этого космическаго движенья по своей орбитѣ въ 29,5 лѣтъ Сатурнъ съ 8 спутниками. Эту планету, обозначаемую знакомъ ♄, легко можно узнать по ея матово-бѣлому свѣту, и если кто разъ замѣнитъ ее, то онъ и въ другой разъ безъ труда опознаетъ ее, такъ какъ она весьма медленно мѣняетъ свое положеніе среди неподвижныхъ звѣздъ и въ теченіе 2,5 лѣтъ остается въ одномъ и томъ же знакѣ зодиака. Въ среднемъ Сатурнъ простирается по своей орбитѣ 9,6 километровъ въ секунду, слѣдовательно отъ движется въ 5 разъ медленнѣе Меркуря и въ 3,5 раза медленнѣе земли. Такимъ образомъ эта планета — носительница времени, отъ котораго между прочимъ зависитъ свѣтъ ея звѣздъ, имѣющихъ вѣтъ космическаго и земнаго, какъ самое время, совершаетъ цѣлыя около солнца въ среднемъ пути на протяженіи 8200 милліоновъ километровъ, т. е. когда Сатурнъ находится въ наибольшемъ удаленіи отъ солнца, диаметръ этого космическаго пространства составляетъ съ половиною годъ угломъ въ 3,3°, что въ 9,5 разъ меньше угла, подъ которымъ уясняется диаметръ солнца съ земли. Такимъ образомъ поверхность солнца съ Сатурна представляется въ 90 разъ меньше, чѣмъ съ земли. Поэтому и освѣщеніе, получаемое Сатурномъ отъ солнца, въ 90 разъ слабѣе нашего дневнаго свѣта, такъ что полдень на этой планетѣ можно сравнить только съ нашими сумерками, непосредственно предшествующими наступленію темной ночи. Среднее разстояніе Сатурна отъ солнца составляетъ 1420 милліоновъ километровъ. Быстроходное шаровое свѣтодѣляющее 30 километровъ въ часъ, могло бы пройти это разстояніе только въ 5400 лѣтъ. Свѣтъ, несмотря на это необыкновенно большую скорость, все же требуетъ 1 1/2 времени, чтобы дойти отъ солнца до Сатурна.

Разстояніе отъ Сатурна до солнца, не считая довольно значительнаго эксцентриситета орбиты этой планеты, мѣняется отъ 1340 милліоновъ километровъ въ перигелии до

1500 миллионъвъ километровъ въ афелии. Разстояніе отъ Сатурна до земли въ различныхъ эпохи мѣняется еще въ болѣе значительныхъ предѣлахъ, именно, наименьшее разстояніе этой планеты отъ земли составляетъ 1200 миллионъвъ километровъ, наибольшее—1650 миллионъвъ километровъ.

Истинный діаметръ Сатурна составляетъ 123700 километровъ, и слѣдовательно онъ немного меньше діаметра Юпитера и приблизительно въ 10 разъ больше діаметра земли. Въ наименьшемъ разстояніи Сатурна отъ земли его діаметръ усматривается съ этой земли подъ угломъ въ  $21''$ , въ наибольшемъ—подъ угломъ въ  $15''$ . \* На рис. 145 пред-



Рис 145.

ставлены видимые размеры Сатурна въ крайнихъ и среднемъ разстояніяхъ его отъ земли. \* Поверхности Сатурна въ 88 разъ, а объема въ 823 раза болѣе поверхности и объема земли, такъ что и въ Сатурнѣ можно было бы сдѣлать 823 такихъ шаровъ, какъ наша земля. \* На рис. 146 представлены сравнительные размеры Сатурна и земли. \* Масса Сатурна въ 3502 раза меньше массы солнца и въ 92 раза болѣе массы земли. Отсюда вытекаетъ, что средняя плотность того вещества, изъ котораго состоитъ Сатурнъ, чрезвычайно мала: она составляетъ приблизительно только одну десятую часть средней плотности земли. Вообще Сатурнъ изъ всѣхъ планетъ обладаетъ наименьшею плотностью: его плот-

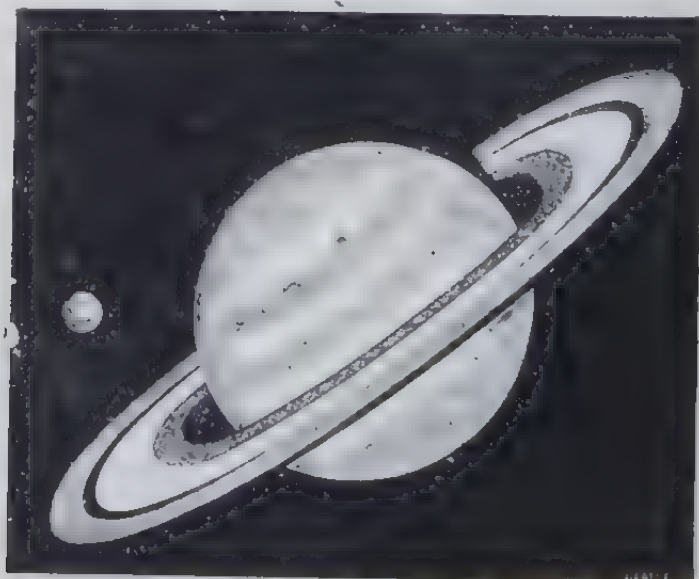
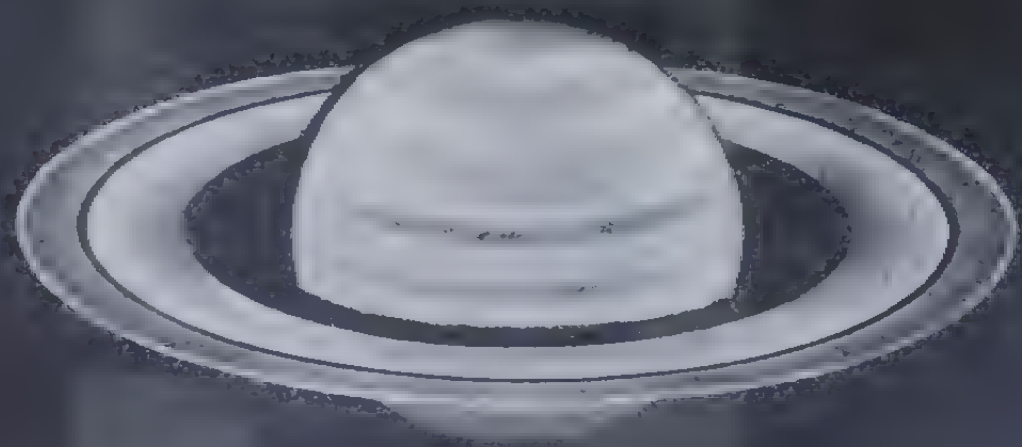


Рис. 146.

ность приблизительно только въ 2 раза болѣе плотности пробковой корки. Наконецъ, что касается силы тяжести, то на этой планетѣ она дѣйствуетъ приблизительно такъ же, какъ и у насъ на землѣ. При свободномъ паденіи на поверхности Сатурна тѣла проходятъ въ первую секунду 4,0 метра.

§ 82. Полосы на поверхности Сатурна и его атмосфера. На поверхности Сатурна наблюдаются такія же экваториальныя полосы, какъ и на поверхности Юпитера, съ кото-



Сатурн, го сонуну, сит аныу Килерми.

рымъ онъ вообще имѣетъ много сходства (§ 77) эти поясы еще еще шире, чѣмъ на Юпитерѣ, но по цвѣту онъ мало отличается отъ остальной поверхности планеты, и на Сатурнѣ мы можемъ различать меньше подробностей, чѣмъ на Юпитерѣ, что вполнѣ объясняется матовымъ цвѣтомъ планеты и ея весьма значительнымъ удаленіемъ отъ солнца. На полюсахъ Сатурна видны болѣе темныя пятна, изъ которыхъ прежнимъ наблюдателямъ, напр. В. Гершелею, то еще казалась болѣе склоню, то другая. \* Вышеупомянутыя поясы ясно видны на прилагаемой при семь таблицахъ, на которой изображенъ Сатурнъ по рисунку, сдѣланному американскимъ астрономомъ Килеромъ \*.

Въ поясахъ Сатурна иногда происходятъ весьма значительныя измѣненія, по временамъ на этихъ поясахъ, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто и для Юпитера, появляются темныя и свѣтлыя довольно постоянныя пятна. Такъ, Стэнли Вильямсъ, пользуясь сравнительно слабыми оптическими средствами, начиная съ 1891 года во время оппозицій неоднократно видѣлъ свѣтлыя пятна въ экваториальномъ поясѣ планеты. — въ 1893 году онъ наблюдалъ нѣсколько группъ темныхъ точекъ въ одной поясной полосѣ сѣвернаго полушарія. Замѣчательно, что и въ то время оппозиціи 1894 года Вильямсъ снова безъ всякаго труда возобновить эти образования, между тѣмъ какъ Барнардъ даже при помощи большого рефрактора Лиллонъ обсерваторіи не могъ ихъ замѣтить.

Въ 1874 году Фотель въ спектрѣ Сатурна совершенно такъ же, какъ и въ спектрѣ Юпитера, замѣтилъ въ красномъ и оранжевомъ цвѣтахъ свѣтлыя полосы поглощенія, между тѣмъ какъ синія лучи спектра по его наблюденіямъ не измѣняютъ равномерное поглощеніе. Эти наблюденія въ послѣднее время были подтверждены Кэломъ. Отсюда можно вывести заключеніе, что Сатурнъ окруженъ густою атмосферой, по плотности своей такъ сходной съ атмосферой Юпитера.

§ 83. **Вращеніе и сжатіе Сатурна.** Изъ наблюденій владими, которая находилась въ одной полосѣ южнаго полушарія Сатурна и за которой легко можно было слѣдить въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, В. Гершель еще въ 1793 году заключилъ, что планета совершаетъ полный оборотъ около оси въ 10 16 9 . Второе опредѣленіе продолжительности вращенія было сдѣлано только черезъ 83 года, т-е въ 1876 году, А. Холлемъ, которому удалось въ теченіе долгаго времени наблюдать при помощи большого рефрактора Вашингтонской обсерваторіи свѣтлое, довольно значительное и хорошо ограниченное пятно въ экваториальной зонѣ Сатурна изъ этихъ наблюденій онъ получилъ для времени вращенія Сатурна 10 14 24 , что вообще согласуется съ результатомъ, полученнымъ В. Гершелемъ.

Наиболѣе точно определеніе времени вращенія Сатурна, повидному, было сдѣлано Вильямсомъ, причемъ онъ наблюдалъ эти пятно цѣль вышеупомянутыя свѣтлыя пятна въ экваториальной зонѣ планеты и темныя пятна въ сѣверномъ ея полушаріи. Что касается свѣтлыхъ экваториальныхъ пятенъ то изъ нихъ Вильямсъ получилъ для времени вращенія планеты слѣдующія величины:

Годъ.	Время вращенія.	Число пятенъ.
1891	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 21.8 <sup>s</sup>	5
1892	13 38,2	5
1893	12 59,4	4
1894	12 35,8	15

Отсюда видно, что продолжительность вращенія пятенъ ежегодно уменьшалась на замѣтную величину. Еще интереснѣе тотъ фактъ, что пятна, находящіяся въ различныхъ меридианахъ, вращаются повидному, различнымъ образомъ. Такъ въ 1894 году, 15 пятенъ были разбиты на три группы, и каждая изъ этихъ группъ дала для времени вращенія Сатурна величины, приведенныя въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Группа.	Долгота.	Время вращения.	Число пятен.
1	0°—80°	10 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 1,7 <sup>s</sup>	3
2	80—160	12 40,0	3
3	160—360	12 25,8	9

Ничто подобное же было замечено также и для 1893 года, одно пятно, принадлежащее то только-что принятому нами делению къ третьему группѣ, дало для времени вращения 10 12<sup>m</sup> 45,9<sup>s</sup>. Между группъ какъ изъ наблюдений четырехъ вышеупомянутыхъ пятенъ, такъ отъ которыхъ заключается между 0° и 140° время вращения получилось на 13,5 больше.

Гемная пятна въ 1893 и 1894 годахъ были расположены между 17° и 27° северной широты (широты южной стороны). Изъ этихъ пятенъ, въ среднемъ, получились следующие величины времени вращения:

Годъ.	Время вращения	Число пятен.
1893	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 44,7 <sup>s</sup>	12
1894	15 9,8	11

Такимъ образомъ для этихъ пятенъ время вращения въ разные годы съблалось не поровну, какъ для экваториальныхъ пятенъ, а, наоборотъ, длиннѣе. Кроме того, мы замечаемъ, что для различныхъ точекъ Сатурна время вращения около оси увеличивается по мѣрѣ удаленія этихъ точекъ отъ экватора планеты, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто также для солнца и Юпитера (§§ 18 и 78). Наконецъ, эти различія могутъ состояться между экваторомъ и полюсомъ, замечается, какъ и для экваториальныхъ пятенъ зависимость отъ широты южной стороны и даже въ этомъ случаѣ эта зависимость выражена еще рѣзче, что видно изъ нижеприведенной таблички:

1893-й годъ.				Число пятенъ.	1894-й годъ.			
Группа.	Долгота.	Время вращения.	Число пятенъ.		Группа.	Долгота.	Время вращения.	Число пятенъ.
1	45°—140°	10 <sup>h</sup> 14 29,1 <sup>s</sup>	5	1	30°—130°	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 57,3 <sup>s</sup>	4	
2	175—340	15 0,7	6	2	140—200	14 44,2	4	
3	340—45	14 40,3	1	3	240—360	15 48,0	3	

Такимъ образомъ, по Вильямсу, для продолжительности вращения Сатурна получены различныя значенія, смотря по времени наблюдения и по широтѣ планеты. Но имѣя въ виду то, имѣетъ ли Сатурнъ такую же зависимость на Сатурнѣ, Вильямсомъ, наблюдая, по opportunity на 36-дюймовомъ и 12-дюймовомъ рефракторѣ Ликской обсерватории и частью 30-дюймовой рефракторъ Пулковской обсерватории бывшему астроному и наблюдателю Герману Струве, мы только-что указавшемъ раздѣлѣть эту планету на 3 группы, едва ли можно основательно полагать, что въ три группы, основываясь на времени вращения пятенъ. Въ настоящее время съдѣлавъ попытки опредѣлить время вращения Сатурна южной стороны мы будемъ говорить къ § 86.

Изъ описаннаго Сатурна выдѣлены четыре группы пятенъ, годъ, удельный, равнымъ приблизительно 30-ю сутокъ, съблалось, то время года на этой планетѣ совершенно равно земной и образовалась группа отъ южной стороны планеты и землѣ, между Юпитеромъ и Юпитеромъ, какъ мы рѣшили почти безъ всякаго различия между лѣтомъ и зимой.

Изъ описаннаго Сатурна выдѣлены четыре группы пятенъ, годъ, удельный, равнымъ приблизительно 30-ю сутокъ, съблалось, то время года на этой планетѣ совершенно равно земной и образовалась группа отъ южной стороны планеты и землѣ, между Юпитеромъ и Юпитеромъ, какъ мы рѣшили почти безъ всякаго различия между лѣтомъ и зимой.

Изъ описаннаго Сатурна выдѣлены четыре группы пятенъ, годъ, удельный, равнымъ приблизительно 30-ю сутокъ, съблалось, то время года на этой планетѣ совершенно равно земной и образовалась группа отъ южной стороны планеты и землѣ, между Юпитеромъ и Юпитеромъ, какъ мы рѣшили почти безъ всякаго различия между лѣтомъ и зимой.



наблюдениями не только подтвердили существование этого раздѣленія колецъ, но также показали, что внутреннее кольцо ярче внешнего, и что цвѣтъ Сатурна отличенъ отъ цвѣта его колецъ. Гершль нашелъ, что цвѣтъ Сатурна желтоватый, цвѣтъ же его колецъ бѣлый.

Еще въ концѣ прошлаго столѣтія некоторымъ наблюдателямъ, напр., Шорту и Гершлю, удалось кромѣ вышеупомянутого, такъ называемаго дѣленія Кассини замѣнить еще на крайнѣе болѣе узкомъ кольцѣ пятна на темномъ плане въ видѣ крайне нѣжной тонкой темной линии. Въ послѣднее время это дѣленіе неоднократно съ полною ясностью наблюдалъ Кеттеръ, Энке, Жакобъ, Бондъ, Струве и другіе, впрочемъ, по временамъ, это дѣленіе совершенно нельзя было замѣнить. Такъ, въ 1894 году Барнардъ вовсе не видѣлъ это дѣленіе, хотя раньше онъ его наблюдалъ. Впрочемъ кромѣ этого дѣленія различныя наблюдатели неоднократно говорили о существованіи другихъ дѣленій на внешнемъ кольцѣ. Такъ, напр., въ 1888 году Кеттеръ видѣлъ еще одно новое дѣленіе, которое съ будущимъ 1889 году еще могъ наблюдать Барнардъ, однако съ тѣмъ поръ никто болѣе не могъ различить его. Поэтому весьма вѣроятно, что дѣленія крайняго кольца съ теченіемъ времени подвергается измѣненіямъ.

Въ декабрѣ 1850 года Бондъ, которому мы обязаны прекрасной монографіей обь этой замѣчательной планетѣ, открылъ около Сатурна еще одно болѣе темное кольцо которое concentрически окружено другими болѣе свѣтлыми и которое одновременно съ Бондомъ было замѣчено также Довесомъ и Дасселемъ. Впрочемъ слѣды этого кольца были замѣчены гораздо раньше — а именно въ 1664 году — астрономомъ Кампани, въ 1673 году — Пикаромъ, въ 1715 году — Кассини и вскорѣ послѣ него Хаддсомъ и, наконецъ, въ 1838 и 1839 годахъ — астрономомъ Галле, послѣдній считалъ этотъ слабо-свѣтлѣйшій предметъ между самой планетой и внутреннимъ кольцомъ не за особенное кольцо, а только за продолженіе внутренняго свѣтлаго кольца.

Довесу и Дасселю мы обязаны еще чрезвычайно интереснымъ открытѣемъ относительно темнаго кольца: они показали его прозрачность. Довесъ въ своемъ журналѣ изложилъ отъ 25 сентября 1852 года слѣдующее опредѣленіе говорить, что темное кольцо не обрѣзывается на глы Сатурна совершенно черной тѣнью, и при этомъ онъ указываетъ на бросающуюся въ глаза контрастъ между темной тѣнью темнаго кольца и совершенно черной тѣнью свѣтлаго кольца. Это обстоятельство дѣлаетъ вѣроятнымъ предположеніе, что темное кольцо, по крайней мѣрѣ отчасти, прозрачно. Въ полномъ согласіи съ этимъ Довесъ и Дассель (послѣдній при помощи своего 20-футоваго телескопа, установленнаго на островѣ Мальтъ) могли сквозь темное кольцо Сатурна весьма ясно видѣть поверхность планетъ. Въ 1894 г. Барнардъ на основаніи своихъ наблюдений вывелъ заключеніе, что яркость темнаго кольца быстро увеличивается при переходѣ отъ внутреннихъ его частей къ внешнимъ, и что это темное кольцо безъ какихъ разириченій переходитъ во внутреннее свѣтлое. Вместе съ тѣмъ прозрачность темнаго кольца постепенно уменьшается при переходѣ отъ внутреннихъ его частей къ внешнимъ, такъ что поверхность самой планеты видна только черезъ внутрення болѣе темная его части и вовсе не видна въ тѣхъ частяхъ, которыя граничатъ со свѣтлымъ кольцомъ. Эти заключенія были прозрачнымъ образомъ подтверждены докторомъ Барнардомъ, произведенными имъ 1 ноября 1889 года во время покрытия спутника Сатурна Юпитомъ самимъ Сатурномъ и системой его колецъ. Яркость спутника, какъ и въ заисель за темное кольцо, стала уменьшаться сначала медленно, а потомъ очень быстро, и наконецъ онъ совершенно исчезъ раньше, чѣмъ достигъ въ тѣнь, образуемую внутреннимъ кольцомъ. О. Струве болѣзненно, что въ 1851 году онъ видѣлъ на темномъ кольцѣ дѣленіе, подобное дѣленію Кассини, но въ 1882 году онъ его не могъ найти, и съ тѣмъ поръ это дѣленіе не наблюдалось вообще ни однимъ изъ наблюдателей Сатурна. Это дѣленіе, вѣроятно, такъ же, какъ и свѣтлѣйшее относительно дѣленіе на



вышнемъ кольцѣ, указываетъ опять на то, что въ кольцахъ Сатурна еще и теперь происходятъ значительныя измѣненія.

Кромѣ того слѣдуетъ замѣтить, что центръ колецъ, повидимому, не совпадаетъ съ центромъ Сатурна, на что обращали вниманіе еще Швабе, Гартингъ, Гершель, Соулъ и другіе. Наконецъ, на основаніи новѣйшихъ измѣреній Скларелли и Мейера оказывается, что различныя кольца не вполне концентричны другъ съ другомъ.

Система колецъ Сатурна на основаніи опредѣленій Бесселя, съ которыми въ полномъ согласіи находятся новѣйшія наблюденія Холя и Хольдена, наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ въ  $28^{\circ}$ , и долгота восходящаго узла той плоскости, въ которой приблизительно лежатъ все кольца, надъ плоскостью эклиптики составляетъ  $167^{\circ}$ . Въ виду наклоненія къ плоскости эклиптики круглое въ действительности кольцо съ земли или съ планеты усматривается всегда только въ видѣ эллипса. Размеры этого эллипса съ теченіемъ времени мѣняются, причемъ большая полуось эллипса остается постоянной а при среднемъ удаленіи Сатурна отъ солнца составляетъ круглымъ числомъ  $20''$ , малая же полуось мѣняется въ предѣлахъ отъ  $9,5''$  до совершенно исчезающей величины, и въ этомъ послѣднемъ случаѣ кольцо представляется въ видѣ прямой линіи, а иногда бываетъ даже совершенно невидимо. На приложенной таблицѣ, къ стр. 379, система колецъ Сатурна изображена на основаніи наблюденій Килера, причемъ кольца въ это время находились въ довольно благоприятныхъ для наблюденій условіяхъ.

Что кольца Сатурна и сама планета посылаютъ намъ только отраженный солнечный свѣтъ, это вытекаетъ изъ того обстоятельства, что наблюдатели часто довольно отчетливо видѣли съ одной стороны гѣнь, отбрасываемую Сатурномъ на кольца, — съ другой стороны гѣнь, отбрасываемую кольцами на поверхность планеты. Въ спектрѣ колецъ недостаетъ въ красномъ цвѣтѣ одной полосы поглощенія, весьма характерной для спектра Сатурна, и вообще спектръ колецъ ярче спектра планеты. Это послѣднее обстоятельство, а также бѣлая яркость колецъ сравнительно съ планетой обыкновенно объясняются тѣмъ, что кольца не имѣютъ атмосферы.

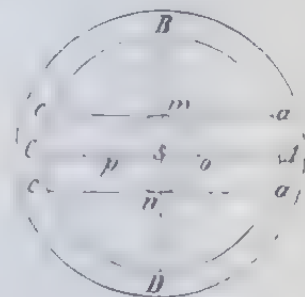


Рис. 147.

Свѣтъ, посылаемый къ намъ во время оппозиціи видимъ Сатурномъ, не считая колецъ, по измѣрѣніямъ Целенера въ среднемъ въ 131000 миллионъ разъ слабѣе солнечнаго свѣта; что же касается колецъ, то при наиболѣе благоприятныхъ обстоятельстве количество свѣта, посылаемого ими, можетъ даже превосходить количество свѣта, получаемого нами отъ самой планеты.

§ 85. **Измѣненія видимой формы колецъ Сатурна.** Въ предыдущихъ параграфахъ мы уже неоднократно упоминали, что Сатурнъ въ различныя времена представляетъ весьма различный видъ, и что его кольца повременамъ бываютъ даже совсемъ невидимы. Въ виду огромной важности и большого интереса этого предмета мы рассмотримъ его нѣ сколько подробнѣе, но прежде всего замѣтимъ, что кольца Сатурна въ теченіе полнаго оборота планеты около солнца сохраняютъ свое наклоненіе въ  $28^{\circ}$  къ плоскости эклиптики и все время остаются параллельными своему первоначальному положенію.

Пусть  $S$  (рис. 147) представляетъ солнце,  $m$  — круговую орбиту земли и  $ABCD$  — орбиту Сатурна. Положимъ, что линія  $AC$  есть линія узловъ кольца, т.-е. линія пересѣченія плоскости кольца съ плоскостью эклиптики, причемъ долгота восходящаго узла  $A$  составляетъ  $167^{\circ}$ , а нисходящаго  $C$  —  $347^{\circ}$ . Проведемъ диаметръ  $BD$ , перпендикулярный къ линіи узловъ  $AC$ . Если Сатурнъ находится въ точкѣ  $A$ , иначе говоря, если гелиоцентрическая долгота Сатурна равна  $167^{\circ}$ , то плоскость кольца пересѣкаетъ плоскость

длинники по линии  $ASC$  и следовательно проходят через центр солнца. В этом случае может освещаться только один край кольца, представляющий его толщину. В этот момент кольцо Сатурна, сь солнца представляется бы в видъ прямой линии. По мѣрѣ же передвиженія Сатурна изъ точки  $A$  къ точкѣ  $B$ , солнце все болѣе и болѣе освѣщаетъ южную часть кольца, и поэтому воображаемому наблюдателю на солнцѣ кольцо только кажется все болѣе и болѣе широкимъ. Наибольшей ширины кольцо достигаетъ въ тотъ моментъ, когда Сатурнъ находится въ положеніи  $B$ , и въ это время оно

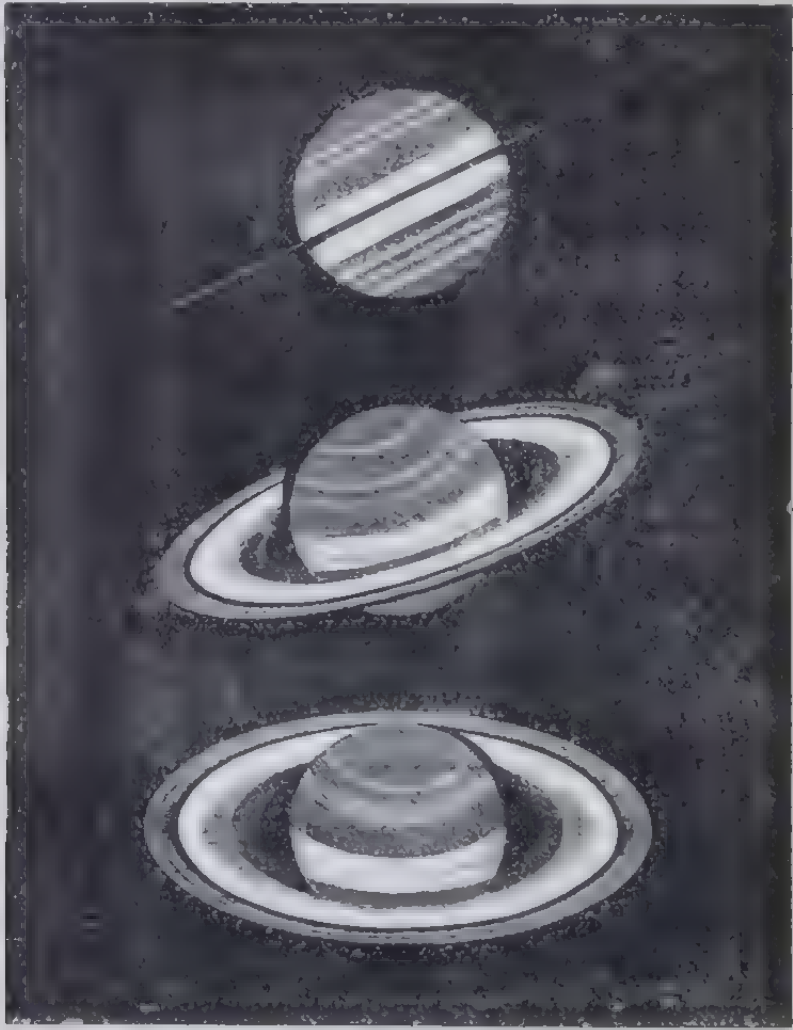


Рис. 148

имѣть видъ, представленный на нижней фигурѣ рисунка 148, причѣмъ сѣверная часть кольца находится по одну сторону шара, а южная по другую. Далѣе, при передвиженіи Сатурна изъ точки  $B$  въ точку  $C$ , его кольцо кажется все уже и уже и наконецъ, когда планета находится въ точкѣ  $C$ , т. е. когда она гелиоцентрическая долгота равна  $347^\circ$ , солнце опять освѣщаетъ лишь край кольца, и это послѣднее представляется въ видъ прямой линии, какъ это изображено на верхней фигурѣ рисунка 148. При передвиженіи Сатурна изъ точки  $C$  въ точку  $D$ , солнце все болѣе и болѣе освѣщаетъ сѣверную часть кольца, и оно поэтому кажется все болѣе и болѣе широкимъ. Наибольшей ширины оно

достигаетъ въ тотъ моментъ, когда Сатурнъ занимаетъ положеніе *D*, причемъ въ это время северная часть кольца лежитъ по эту сторону планеты, а южная по ту.

Такимъ образомъ, воображаемому наблюдателю, находящемуся на солнцѣ, Сатурнъ два раза въ теченіе полнаго своего оборота около солнца т.е. два раза въ теченіе 29,5 лѣтъ, представляется совершенно безъ кольца. Это бываетъ тогда, когда теллоцентрическая долгота Сатурна равняется  $167^\circ$  или  $347^\circ$ . Точно также два раза въ теченіе полнаго оборота планеты, а именно, когда теллоцентрическая долгота равна  $257^\circ$  и  $77^\circ$ , кольцо Сатурна представляется наиболее открытымъ. Промежутковъ времени, протекающихъ отъ момента, когда кольцо имѣетъ видъ прямой линіи, до момента, когда оно кажется наиболее широкимъ, составляетъ 7,4 лѣтъ.

Поэтому, если Сатурнъ занимаетъ на своей орбитѣ одно изъ положеній *I* или *C* (рис. 147), то солнцемъ освѣщается лишь край кольца, и кольцо исчезаетъ не только для воображаемаго наблюдателя на солнцѣ, но также и для наблюдателя, находящагося на поверхности земли; впрочемъ, если астрономическая труба, при помощи которой производится наблюденія, достаточно сильна для того, чтобы сдѣлать для насъ видимой узкую свѣдую полосу, въ видѣ которой долженъ представиться въ этомъ случаѣ край кольца, то это свѣдшее и будетъ намъ казаться тонкой прямой линіей. Это случается тогда, когда Сатурнъ находится въ восточной части созвѣзья Льва или въ восточной части созвѣзья Водолея. Наибольшей же ширины кольцо достигаетъ тогда, когда Сатурнъ находится или въ рогахъ Тельца, или между Скорпиономъ и Стрѣльцомъ.

Однако кольцо Сатурна можетъ исчезать для наблюдателя, находящагося на землѣ, также и по другимъ причинамъ. Во первыхъ, если плоскость кольца проходить черезъ центръ земли, то мы можемъ видѣть только край кольца, иначе говоря, — въ этомъ случаѣ кольца мы совсѣмъ не увидимъ. Это можетъ имѣть мѣсто, напр., тогда, когда земля находится въ точкѣ *m* (рис. 147), а Сатурнъ въ точкѣ *a* или *a'*, причемъ плоскость кольца пересекаетъ плоскость эклиптики по линіи *am* и проходитъ черезъ глазъ наблюдателя, находящагося въ точкѣ *m*. Во вторыхъ, если продолженная плоскость кольца проходить между землей и солнцемъ, то также и въ этомъ случаѣ кольцо можетъ быть невидимо для насъ. Напр., если земля находится въ точкѣ *n*, а Сатурнъ между *A* и *a'* или между *C* и *c'*, то плоскость кольца проходитъ гдѣ нибудь между *n* и *S*, и такъ какъ въ этомъ случаѣ несвѣщаяся сторона кольца обращена къ точкѣ *n*, т.е. къ землѣ, то мы его и не можемъ вовсе видѣть. То же самое можетъ случиться, если земля находится вообще гдѣ-нибудь на дугѣ *rho* своей орбиты, а Сатурнъ занимаетъ положеніе или между точками *A* и *a'*, или между точками *C* и *c'*, или если земля находится гдѣ-нибудь на другой половинѣ *rho* своего пути, а Сатурнъ — или между точками *I* и *a*, или между точками *C* и *c*.

Само собой понятно, что только по односторонней воззрѣнности кольца должны имѣть мѣсто не затопы до или вскорѣ послѣ того момента, когда плоскость кольца проходитъ черезъ центръ солнца. Но такъ какъ земная орбита по величинѣ значительно меньше орбиты Сатурна, то плоскость кольца въ теченіе 14 лѣтъ поцрѣдъ пересекаетъ плоскость эклиптики за пределами земной орбиты, такъ что въ продолженіе всего этого промежутка времени къ землѣ обращена освѣщенная солнцемъ сторона кольца, и только въ концѣ этого періода плоскость кольца приблизительно въ теченіе года занимаетъ такое положеніе, что при своемъ продолженіи пересекаетъ земную орбиту. Въ тѣхъ случаяхъ, когда плоскость кольца проходитъ черезъ центръ солнца или черезъ центръ земли, кольцо исчезаетъ только на одно мгновеніе, между тѣмъ какъ въ томъ случаѣ, когда плоскость кольца располагается между солнцемъ и землей, оно можетъ сдѣлаться невидимымъ для земли на нѣсколько недѣль.

Дальше, когда Сатурнъ движется отъ точки *A* черезъ *B* къ *C* (рис. 147), то орбита

цены къ землѣ доловина кольца расположена ниже центра планеты. \* Средняя фигура на рисункѣ 148 относится именно къ тому случаю, когда Сатурнъ находится гдѣ-нибудь на дугѣ  $ABC$  своей орбиты \* Если же Сатурнъ занимает какое-нибудь положеніе на другой доловинѣ ( $CD$  своей орбиты, то обращенная къ землѣ часть его кольца лежитъ выше центра планеты \*). — На рисункѣ 149 изображены различныя фазы кольца Сатурна въ теченіе полного оборота планеты около солнца. \*

§ 86. Вращеніе колецъ и ихъ физическое строеніе. Въ то время, когда солнцемъ освѣщается только узкій край кольца, наблюдателямъ неоднократно казалось, что тонкая

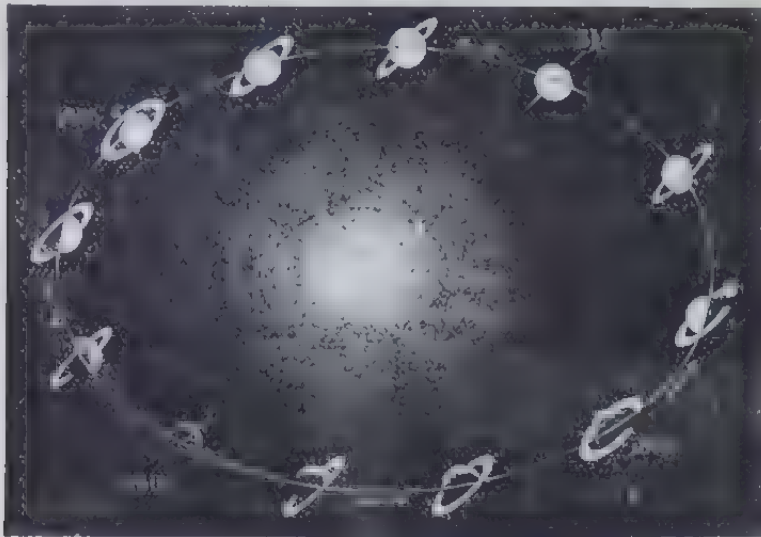


Рис. 149.

свѣтлая линія, въ видѣ которой представляется въ этомъ случаѣ кольцо, прерывается въ нѣсколькихъ мѣстахъ и какъ бы состоитъ изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ прямыхъ линій, которыя попеременно то раздвигаются, то снова соединяются. Кроме того, нѣрѣдко на тонкой свѣтлой линіи наблюдатели видѣли нѣсколько свѣтлыхъ точекъ. Сначала эти

\* Въ вѣдѣтн линіи они ситенно вида кольца Сатурна, какъ оно представляется съ тѣхъ или съ другихъ сторонъ, могутъ быть приведены при помощи слѣдующаго простаго выраженія.

$$b = \sin n \sin m.$$

Здѣсь  $b$  обозначаетъ малую поперечную линію, въ видѣ которой представляется кольцо, въ видѣ линіи, что Солнце находится въ то или въ другое сѣченіи орбиты.  $n = 28^\circ 22'$  есть наклоненіе 14-го изъ колецъ къ плоскости экваториальной, и  $m$  равно дугѣ восточнаго узла или координатѣ  $105^\circ 56'$ , сѣченія орбиты Сатурна, если нѣтъ вѣдѣтн о фигурѣ кольца, а мѣриломъ сѣченія или безъ него, принесенъ дугѣны изъ таблицы, или трехъ угловъ, определяющихъ фигуру кольца, измеренную съ земли. Если въ первомъ изъ этихъ случаевъ  $b = 0$ , то кольцо, въ видѣ линіи, представляется только въ видѣ прямой линіи такъ какъ сѣченіе орбиты проходитъ черезъ центръ солнца. Если  $b$  получается отрицательнымъ, то сѣченіе орбиты,  $m$  больше  $180^\circ$ , то сѣверная сторона кольца освѣщается, а сѣченіе орбиты,  $b$ , на оборотъ сѣченія освѣщаетъ южную сторону кольца.

Если же въ второмъ случаѣ  $b = 0$ , то сѣченіе орбиты не касается для наблюдателя, находящагося въ сѣверномъ полушаріи, когда при продолженіи проходитъ черезъ центръ земли. Если  $b$  при продолженіи орбиты оказывается, что сѣверная сторона кольца обращена къ землѣ. Наблюденія при продолженіи орбиты  $m$  кольцо кажется невидимымъ для земли также тогда, когда сѣченіе орбиты проходитъ черезъ центръ солнца для  $b$  получается различныя знаки, такъ какъ это сѣченіе орбиты,  $m$  сѣченіе орбиты не проходитъ надъ солнцемъ сторона кольца. Такимъ образомъ ясно, что, зная гелиоцентрическую или геоцентрическую дугу Сатурна, мы можемъ для любого момента сѣченія орбиты,  $m$ , какъ оно представляется съ солнца или съ земли.

свѣтлыя точки считали за горы, и по приблизительному подсчету отбавивши вершины такихъ горъ должны были возвышаться на огромную высоту въ 1500 километровъ надъ плоскостью кольца. Впрочемъ Вондъ полагаетъ, что эти и имъ подобныя явленія можно объяснить болѣе простымъ образомъ, а именно взаимнымъ свѣтовымъ отраженіемъ краевъ различныхъ колецъ другъ отъ друга, если только допустить, что различныя кольца не лежатъ въ точности въ одной и той же плоскости, но наклонены подъ небольшими углами другъ къ другу и къ плоскости экватора Сатурна, что во всякомъ случаѣ весьма вѣроятно и на что также указываютъ другія наблюденія. Впрочемъ отчасти эти явленія могутъ быть объяснены действительными измѣненіями, происходящими въ кольцахъ и обусловливаемыми строеніемъ колецъ, о которомъ мы сейчасъ будемъ говорить. На это указываютъ между прочимъ неоднократно наблюдавшіеся особенныя чертенія дна, образываемой Сатурномъ на кольца.

Замѣченная на кольцахъ Сатурна неровности побудили В. Гершелемъ, которая располагалъ лучшими въ его время астрономическими трубами, воспользоваться этимъ обстоятельствомъ для опредѣленія времени вращенія кольца около центра Сатурна, и при этомъ ему посчастливилось еще въ 1789 году установить, что періодъ вращенія кольца приблизительно равенъ 10,5 нашимъ часамъ. Справедливость этого результата неоднократно оспаривалась и, между прочимъ, въ началѣ прошлаго столѣтія Шретеромъ и Гардишомъ. Первыи изъ нихъ основывалъ свое воззрѣніе на томъ, что онъ наблюдалъ двѣ свѣтлыя точки, одну на восточной, другую на западной части кольца, постоянно въ одномъ и томъ же азимутальномъ положеніи, а по его мнѣнію не могло быть никакого сомнѣнія въ неподвижности кольца, такъ какъ въ теченіе одной зимней ночи онъ наблюдалъ эти свѣтлыя точки болѣе 8 часовъ безъ перерыва, причемъ онѣ все время занимали одно и то же положеніе относительно планеты, между тѣмъ какъ на основаніи изслѣдованій Гершеля въ этотъ промежутокъ времени кольцо должно было совершить почти полный оборотъ. Однако нѣсколько лѣтъ спустя Фабберъ показалъ, что наблюдавшіеся Шретеромъ свѣтлыя точки не представляли собою неровностей на кольцахъ, а должны быть отнесены къ числу оптическихъ обмановъ и поэтому не могутъ служить опроверженіемъ вращенія кольца. Но въ серединѣ XIX столѣтія вращеніе кольца снова оспаривалось Шмидтомъ и Швабе — на этотъ разъ на основаніи упомянутыхъ въ началѣ этого параграфа особенныхъ явленій во время исчезновенія колецъ.

\* Выше мы видѣли, что есть основаніе сомнѣваться въ числахъ, опредѣляющихъ вращеніе Сатурна. Что же касается кольца то съ цѣлью опредѣленія его вращенія, какъ это видно изъ настоящаго параграфа никто до времени Гершеля не предпринималъ. Поэтому заключенія о составѣ и вращеніи кольца до настоящаго времени дѣлались главнымъ образомъ на основаніи законовъ механики.

Усовершенствованіе же спектральныхъ приборовъ дало новое средство для опредѣленія и изслѣдованія вращенія Сатурна и его кольца.

Первая попытка приложить спектроскопъ съ большою свѣтосильностью свѣдой къ наученно спектра Сатурна были сдѣланы во время опозанія 1845 года отворомъ по Килеромъ въ Алетені (въ Америкѣ), Деландромъ въ Парижѣ и А. А. Вильдольскимъ въ Пулковѣ. Килеръ воспользовался для этой цѣли 13-дюймовымъ рефракторомъ, къ которому была привинчена спектроскопъ съ двумя призмами Экенюптія продолжилъ съ два часа. Для ориентировки свѣтлыя спектръ лунки по обѣ стороны пламенно спектра Деландръ пользовался большими отражательнымъ телескопомъ имѣющимъ 1,2 метра въ діаметрѣ. Къ этому телескопу была приспособлена призматическій спектроскопъ съ большою свѣтосильностью свѣдой. Выбѣтъ съ спектромъ пламени фотографировались спектральныя линіи водорода. Экенюптія продолжался одинъ часъ. Въ Пулковѣ были употреблены отъ призматическій спектроскопъ съ среднимъ свѣтосильностью свѣдой, привинченна къ 12-мю-

моному фотографическому рефрактору. При этом на одной и той же пластинке получались две почти соприкасающиеся спектрограммы: одна от одного края кольца, другая от другого. Каждая спектрограмма получалась при часовой экспозиции. В промежутке между полученными обоими спектрограммами фотографировались водородные линии, которые и служили исходными точками при всех измерениях. Такие спектрограммы имеют возможность на основании принципа Доплера-Физо (§ 19) давать заключения о вращении Сатурна и его кольца.

На рис. 150 изображены спектр Сатурна, его кольца и спутника. Характер спектра Сатурна исследован уже давно преимущественно Фогелем и Гуггинсом. Спектр этой планеты в общем есть не что иное, как отраженный солнечный спектр. Кроме главных флуоресцирующих линий были замечены в некоторых теллурических линиях в красном и инфр. В них одна характерная полоса — общая с подобною же в спектре Юпитера. В синей и фиолетовой части спектра замечается общее поглощение атмосферой Сатурна, особенно резкое в инфр. В спектре кольца замечено лишь слабое присутствие полос в красном инфр., что указывает на отсутствие атмосферы. В

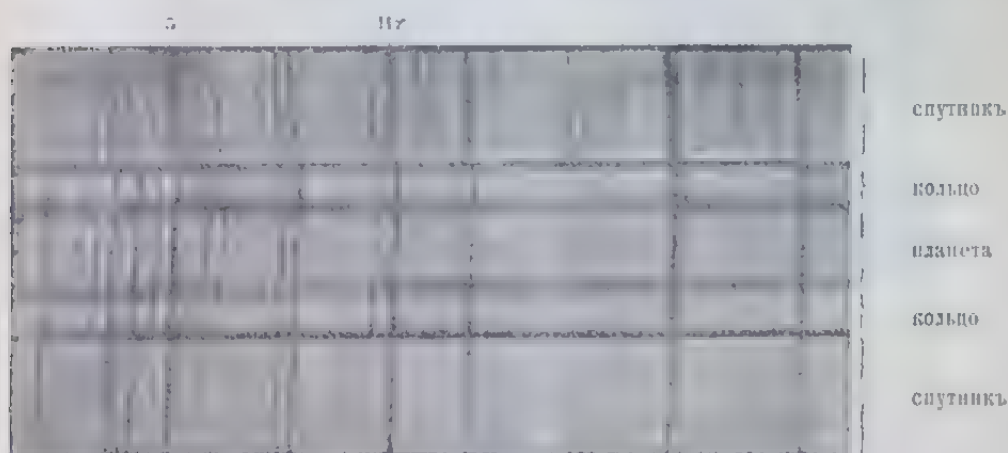


Рис. 150.

топических своих исследованиях Фогель указывает на полное сходство спектров Сатурна и солнца. Это сходство подтверждается также пульсовыми спектрограммами. Это между спектрами Сатурна и его кольца замечается большая разница. Спектр кольца имеет характер дуги со стороны фиолетового конца, что вполне объясняется атмосферой Сатурна. Линии на спектрограммах значительно наклонены к нормальному положению. Первое явление, бросающееся наиболее отчетливыми линиями, заключается в том, что спектр кольца и диска не составляют непрерывного продолжения один другого, а между ними есть разрыв спектра немалого размера. На лучших спектрограммах замечается, что спектр кольца линии наклонены в противоположную сторону, чем в спектре диска. Что же касается смещения спектральных линий, то различные наблюдатели получили различные результаты. В следующей таблице сопоставлены выведенная из наблюдений скорость вращения на концы и на экватор планеты по методу Калера-Доплера в А. А. Боровиковского. Теоретически выведенная скорость вращения кольца, в предположении, что кольцо вращается как спутник Сатурна, по методу Калера-Доплера, приведено по Холду 10 23 часа

	Экваторъ.	Внутр. край кольца.	Средняя толщина.	Висшина края кольца.
Килеръ . . . . .	10,3 кил.	20,0 кил.	18,0 вкл.	16,4 кил.
Деландръ - . . . .	9,4 »	20,1 »	— »	15,4 »
Вьдопольскій . . . .	9,3 »	21,1 »	— »	15,5 »
Вычисленіе . . . . .	10,4 »	20,8 »	18,6 »	17,0 »

Замѣтимъ еще, что Кампобель пашель для экватора планеты 98 километровъ, для середины кольца 17,4 вкл. и для разности краевъ кольца 3,1 кил. »

Такимъ образомъ спектроскопическія изслѣдованія показываютъ, что внутренній край кольца вращается быстрее вѣнечнаго и что, кроме того, въ каждой точкѣ кольца вращеніе происходитъ такою скоростью, съ какою долженъ былъ бы совершать свое движеніе около Сатурна находящійся на соответственномъ мѣстѣ спутникъ. Этотъ результатъ является весьма цѣннымъ, такъ какъ мы такимъ образомъ получаемъ прямое доказательство того, что кольцо Сатурна не можетъ представлять собою одной компактной массы.

Теоретическія соображенія также приводятъ насъ къ заключенію, что система колецъ должна вращаться около Сатурна, такъ какъ въ противномъ случаѣ при малѣйшемъ нарушеніи равновѣсія кольца неминуемо вслѣдствіе бы на планету. Только вращеніе около оси, перпендикулярной къ плоскости кольца и проходящей черезъ центръ Сатурна, можетъ сообщить кольцу такую вѣнечную скорость, такъ какъ въ этомъ случаѣ притягательная сила вездѣ направлена къ центру Сатурна, а центробѣжная сила — разнотенно при вращеніи. Лапласъ, вопреку разубѣдивъ этотъ вопросъ при помощи математическаго анализа, кроме того еще показалъ, что даже при вращеніи кольца въ равновѣсїе только было бы нарушилось отъ малѣйшаго вѣнечнаго возмущенія изъ-за отсутствія симметричности и однородности ихъ физическо-свойствъ. Отсюда Лапласъ дѣлаетъ заключеніе, что системъ колецъ должна состоять изъ нѣкотораго числа концентрическихъ колецъ, причемъ эти кольца могутъ быть или сдвинуты съ центральными неперпендикулярностями въ стороны, или жидкими. За послѣднее предположеніе выказались также Пирсъ и Бонль, такъ какъ наблюденія показываютъ, что дѣлен. кольца, въ некоторомъ мѣстѣ Кассини съ теченіемъ времени сильно мѣняется. Однако изслѣдованія Маджерида, которыя въ настоящее время большими подробностями были развиты Гирномъ, доказали, что кольца могутъ продолжительное время находиться въ равновѣсїи только въ томъ случаѣ, если они состоятъ изъ большого числа отдѣльных частей, крутящихся съ разными скоростями въ зависимости отъ удаленія отъ центра Сатурна. Эти частички или могутъ быть рѣзко различны по величинѣ или же могутъ быть всякой правильности переходить отъ одного къ другому. Вѣрнѣе думать и по полученному еще окончательнаго рѣшенія вопросу объ устойчивости кольца разсуждаютъ все Тиссераномъ, Софрей Вильгельмовъ Коппельскою, миссъ Купомъ и съ особенною подробностью Зеллеромъ, которыя ставятъ важное вопросное шлоны Максавелля Гирна въ томъ, что при помощи этой гипотезы могутъ быть не только теоретически объяснены, но даже предсказаны численно наблюдавшіеся Муладеромъ при помощи фотометра значительныя перемѣны яркости кольца Сатурна. Въ пользу гипотезы Муладера Гирна говорить также еще то обстоятельство, что главное, такъ называемое Кассиниево, дѣленіе кольца вхоитъ на томъ мѣстѣ, гдѣ короткаго времени обращенія спутника Усталава около планеты было бы приравнено въ томъ разсужденіи времени обращенія спутника Мимаса къ Сатурну спутника Мимаса, такъ что въ этомъ мѣстѣ орбита спутника Усталава вследствие возмущенія отъ спутника Мимаса съ бы самымъ дѣлается (с. 72).

§ 87 Размѣры Сатурна и его кольца. Изъ многочисл. наблюд. и измер. (указаны въ

системы. Сатурн мы выбрали приведенные выше четыре ряда, которые принадлежат къ числу наиболее полных и были выполнены при помощи самых больших инструментов. Для сравнения результаты этих измерений сопоставлены нами въ особой табличкѣ. Измѣренія Бонда были произведены въ промежутокъ времени съ 1847 до 1856 года при помощи 15-дюймового рефрактора, принадлежащаго обсерватори Гарвардскаго колледжа въ Кембриджъ въ Массачусетъ. При этомъ внешний диаметр *mn* (рис. 151) внешнего кольца

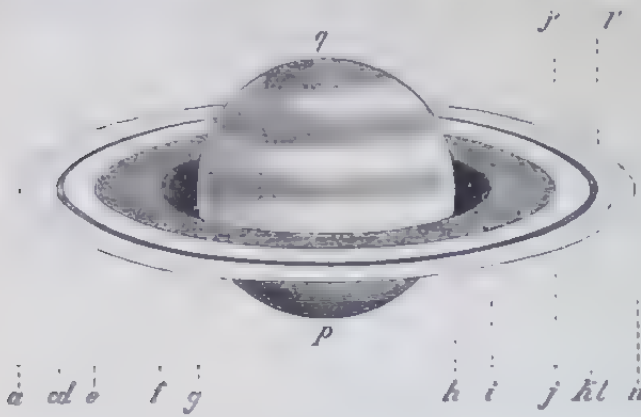


Рис. 151

получился равнымъ 40,26". Наблюдения О. Струве были произведены въ 1882 году при помощи пулковскаго 15-дюймового рефрактора. А. Холь производилъ свои измѣренія въ Вашингтонѣ съ 1884 до 1887 года при помощи 26-дюймового рефрактора. Наконецъ наблюдёнія Барнарда были сдѣланы при помощи большого 36-дюймового рефрактора Ликской обсерватори. Всѣ данныя соответствуютъ среднему разстоянью отъ Сатурна до солнца, равному 9,539, если за единицу разстояннй принять большую полуось земной орбиты. Поэтому, чтобы величины, данныя въ секундахъ, выразить въ километрахъ, надо ихъ умножить на 6875.

Несмотря на весьма хорошее вообще согласіе измѣреннй, произведенныхъ разными наблюдателями, все же нельзя не сознаться, что вследствие весьма значительной линной главины, соотвѣствующей одной дуговой секундѣ на разстоянн Сатурна, размеры отдельныхъ частей этой системы известны еще очень неточно. Особенно не легко определено сжатіе Сатурна.

	Бондъ.	Струве.	Холь.	Барнардъ.
<i>mn</i> внешний диаметр внешнего кольца . . .	40,26"	40,16"	40,45'	40,26"
<i>cd</i> внутренний диаметр » . . .	35,55	—	34,95	34,90
<i>al</i> внешний диаметр внутренняго » . . .	34,62	34,16	34,11	33,79
<i>ef</i> внутренний диаметр » . . .	26,41	25,08	25,75	26,56
<i>fi</i> » » темнаго » . . .	21,74	20,74	20,52	20,44
<i>pn</i> экваториальный диаметр Сатурна . . .	17,23	17,76	17,72	17,77
<i>pq</i> полярный » . . . . .	15,38	—	—	16,34
<i>ac</i> ширина внешнего кольца . . . . .	2,36	—	2,75	2,68
<i>cd</i> ширина промежутка . . . . .	0,47	—	0,42	0,56
<i>de</i> ширина внутренняго кольца . . . . .	4,11	4,54	4,18	4,12
<i>ef</i> ширина темнаго кольца . . . . .	2,34	2,17	2,62	2,56
<i>fg</i> разстоянне внутренняго края темнаго кольца отъ поверхности Сатурна . . . . .	2,26	1,49	1,40	1,34

Большія кольца такъ малы, что непосредственными измѣреніями она не могла быть достигнута. Шреттеръ оценилъ ее въ 1". Д. Гершель считалъ ее меньше 0,06", а Бондъ, основываясь на теоретическихъ соображеніяхъ полагалъ, что ширина кольца меньше 0,01". Различіе этихъ мнѣній вѣсно полагивается, что такимъ образомъ едва ли мы можемъ получить истинный обликъ о толщинѣ кольца. Поэтому были сдѣланы попытки достигнть дѣла другимъ путемъ. На основаннн предположеннй, которыя кольцо оказалось изъ движеніе спут-



ника Сатурна—Титана. Бессель нашелъ, что масса кольца составляетъ  $\frac{1}{118}$  массы Сатурна. Гиссеранъ же, изъясняя движение перисатурния \*) Мимаса и принимая во внимание сжатие планеты, уменьшилъ это число до  $\frac{1}{226}$ . Остававшись на этомъ послѣднемъ числѣ, мы находимъ, что масса кольца равняется приблизительно  $\frac{1}{8}$  массы земли (§ 81). Допустимъ дальѣ, что плотность вещества, изъ котораго состоитъ кольцо, равна плотности Сатурна и, следовательно, составляетъ  $\frac{1}{8}$  плотности земли. Въ такомъ случаѣ кольцо должно обладать объемомъ, равнымъ объему земли, откуда слѣдуетъ, что толщина кольца составляетъ 24,4 километра или  $\frac{1}{80}$ . Принимая для массы кольца величину, найденную Бесселемъ, мы для толщины кольца получимъ бы 128 километровъ или  $\frac{1}{55}$ .

§ 88. **Видъ кольца съ Сатурна.** Любители звѣзднаго неба, предаваясь такому красивому съ нашей земли, легко могутъ вообразить, что для жителей Сатурна оно является еще болѣе красивымъ. Если нѣжный свѣтъ луны, такъ уютно освѣщающей наши ночи, возбуждаетъ въ насъ возвышенныя мечты, то какихъ наслаждений можно ожидать тамъ, гдѣ звѣздное небо не менѣе богато различными красотами, гдѣ, кромѣ того, всею луною освѣщается мракъ ночи, и гдѣ, наконецъ, большое кольцо, протянувшееся въ видѣ свѣтлой полосы по всему небу, благодаря постоянно мѣняющемуся его виду должно привлекать къ себѣ вниманіе очарованнаго наблюдателя!

One moon to us reflects its cheerful light,  
There many attendants brighten up the night,  
Here the blue firmament bedecked with stars,  
There over head a lucid arch appears \*\*).

*Burke*

Однако мы полагаемъ, что, если бы наши поэты пришлось поселиться на эту планету, то они очень скоро пожелали бы вернуться обратно къ намъ, такъ какъ едва ли бы пришлось имъ по луноу весьма маленькаго солнечнаго диска, видимой съ Сатурна, и тотъ полумракъ, который господствуетъ на Сатурнѣ и благодаря которому самый яркій день на этой планетѣ можно сравнить лишь съ глубочайшими нашими сумерками. Кране быстра смена дня и ночи, четыре строго отличающіяся другъ отъ друга времени года, изъ которыхъ каждое продолжается 7,5 нашихъ лѣтъ и слѣдовательно въ 30 разъ длиннѣе, чѣмъ у насъ на землѣ, все это, безъ сомнѣнія, должно было бы оказать весьма неблагоприятное вліяніе на нашу растительную и животную жизнь, особенно если бы намъ пришлось жить въ странахъ, удаленныхъ отъ экватора Сатурна, такъ какъ болѣе значительная часть земнаго полушарія этой планеты во время осени и зимы приблизительно въ течение 14 нашихъ лѣтъ остается погруженной во мракъ ночи.

Такъ какъ плоскость кольца почти совпадаетъ съ плоскостью экватора Сатурна, то для жителей жаркаго пояса этой планеты, если только къ ураммен и къ ней можно употребить такое выраженіе, кольцо остается всегда видимымъ, какъ лишь оно въ этихъ мѣстахъ постоянно находится въ зенитѣ и обращено къ намъ въ широкой своей поверхности, а только узкимъ краемъ, который къ тому же никогда не освѣщается солнцемъ. Такимъ образомъ для жителей жаркаго пояса кольцо представляется въ видѣ узкой темной полосы, простирающейся черезъ весь небесный сводъ и оно не только не посылаетъ свѣта жителямъ планеты, но скорѣе само скрываетъ отъ наблюдателей нѣкоторыя неподвижныя звѣзды, и спутники Сатурна, которые, какъ мы впоследствии увидимъ, совершая свое движеніе въ плоскости кольца, для жителей тропическихъ странъ часто покрываются кольцомъ на болѣе или менѣе продолжительное время.

\*) Перисатурниемъ какого-нибудь спутника называется та точка его орбиты, которая находитъ и въ кратчайшемъ разстояніи отъ центра Сатурна.

*Переводчикъ.*

\*\* ) Намъ только одна луна посылаетъ свой все оживляющій свѣтъ, тамъ же нѣсколько спутниковъ освѣщаютъ ночь. Здѣсь голубой сводъ усеянъ звѣздами, тамъ надъ головой появляется яркая дуга.

*(Burkerъ).*

Если таким образом жители экватора Сатурна не могут видеть кольца, то еще менее можем мы заводить жителей полярных стран этой планеты. Жители холодных стран, простирающихся до  $24^\circ$  от обоих полюсов по направлению къ экватору, могли бы съ наибольшимъ удобствомъ воспользоваться наблюдаемыми кольцами благодаря тому, что тамъ ночь продолжается приблизительно 14 нашихъ дней, но къ сожалѣнию они не могутъ видеть кольца, такъ какъ оно находится такъ близко къ планетѣ, что для полярныхъ странъ постоянно остается подъ горизонтомъ. При большемъ удалении отъ полюсовъ кольца дѣлается отчасти видимымъ, и только жители тѣхъ странъ, которыя удалены отъ полюсовъ по крайней мѣрѣ на  $35^\circ$ , могутъ видеть кольцо во всей его ширинѣ, равной 12. Но и они немного могутъ извлечь пользы изъ своихъ наблюдений, такъ какъ кольца для нихъ находится постоянно весьма близко къ горизонту. При дальнѣйшемъ приближеніи къ экватору кольцо поднимается все выше и выше надъ горизонтомъ, но зато въ то же время дѣлается все уже и уже, и наконецъ, жители экватора, какъ было выше сказано, могутъ видеть только узкій и притомъ не освѣщаемый солнцемъ край кольца.

Итакъ, на Сатурнѣ только жители тѣхъ странъ, которыя удалены отъ экватора въ обѣ стороны до  $55^\circ$ , наслаждаются видомъ кольца, для нихъ оно представляется въ видѣ свѣтлой поясы на небѣ, и притомъ для странъ болѣе близкихъ къ экватору оно находится высоко надъ горизонтомъ, но зато обитатели лишь весьма незначительной ширины по мѣрѣ же удаленія отъ экватора оно дѣлается все шире и шире, но вмѣстѣ съ тѣмъ все болѣе и болѣе приближается къ горизонту. Такимъ образомъ тѣ страны, для которыхъ кольца представляются обширнѣе, воздвигному, могли бы съ столько же болѣе удобствъ для наблюдений кольца, однако имъ преимущественно въ такомъ отношеніи далеко не такъ велики какъ это, можетъ быть, кажется съ первого взгляда. Изъ двухъ широтныхъ поверхностей кольца одна только и не освѣщается солнцемъ, и эта освѣщенная сторона кольца можетъ быть видима только съ той стороны планеты которое къ ней обращено. Вмѣстѣ съ тѣмъ это двѣ стороны планеты также обращено къ солнцу, въ томъ мѣстѣ гдѣ оно дѣло и это является вѣроятно, главнымъ обстоятельствомъ для наблюдения кольца, между тѣмъ такъ какъ кратчайшее воздвигну къ этому мѣсту въ мѣсто имъ и жители которыхъ видѣли бы дневной ночи лучше всего могли бы воспользоваться освѣщеніемъ кольца съ его противоположной стороны, которая остается неосвѣщенной. Къ этому надо еще присовокупить, что съ обращеніемъ къ солнцу полушарія планеты освѣщенную часть кольца можно видеть, но къ землѣ, коль, до бока съ той стороны солнца, между тѣмъ какъ, почто, не отбрасывая отъ кольца свѣта, могла бы замѣнить собою солнечный свѣтъ. Стороны вторыхъ снъ въ кольцо также бы, и оно остается невидимымъ, такъ какъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ оно не обращено къ солнцу, и поэтому для жителей этихъ странъ ретъ кольцо остается совершенно невидимымъ и гдѣ свѣтъ можетъ съ нимъ быть, но кольцо не можетъ быть освѣщено, а въ виду этого мѣсто видѣть его самое худшее.

Но если жители Сатурна не могутъ, по своимъ местамъ наслаждаться въ особенности мѣрѣ, видимъ кольцо, то, можетъ быть, живутъ на кольцахъ, если только объ этомъ можно было думать, и мы не боимся представить стороны. По этому поводу наши читатели должны помнить, что на каждой изъ полярныхъ сторонъ кольца въ радиусѣ 15 нашихъ дней имѣются мѣста, довершая мѣсто отъ экватора, къ нимъ то въпрямь и въ ночь и то въ течение сутокъ 15 дѣльныхъ мѣрѣ, а съ другой стороны, солнечный светъ, притомъ который дѣлается огромнымъ шаръ Сатурна.

Но если бы кольца бы, съ тѣмъ, что съ кольца неудобными для жизни существамъ, то обитатели могли бы, и мы не боимся представить стороны. По этому поводу наши читатели должны помнить, что на каждой изъ полярныхъ сторонъ кольца въ радиусѣ 15 нашихъ дней имѣются мѣста, довершая мѣсто отъ экватора, къ нимъ то въпрямь и въ ночь и то въ течение сутокъ 15 дѣльныхъ мѣрѣ, а съ другой стороны, солнечный светъ, притомъ который дѣлается огромнымъ шаръ Сатурна.

относительно других небесных тел и относительно других теорий и устройств и организаций которых могут быть совершенно отличны от наших, так что то что нам внешне бы только ужас и отвращение и, может-быть, привело бы насъ къ скорби погибели, для нихъ можетъ представлять возвышенное и благо, эро действующее зрѣлище.

## ГЛАВА IX.

### У р а н ъ.

§ 89. **Разстояніе и время обращенія Урана.** Уранъ въ сопровожденіи чотырехъ спутниковъ, совершаетъ свое движеніе около солнца на разстояніи которое приблизительно въ два раза больше средняго разстоянія отъ Сатурна до солнца. Историческое время обращенія Урана составляетъ 30686,82 тропическое 30587,21 и синодическое 369,12 дней (часть I, §§ 84, 85 и 86).

Среднее разстояніе отъ Урана до солнца равняется 2850 миллионамъ километровъ. Быстроходное прусское судно, представляющее 30 километровъ въ часъ, прошло бы это разстояніе только въ 10840 дней, т.е. проходило бы 1190 километровъ въ часъ, если бы долги отъ солнца до Урана въ 273 года. Для свѣта же разстояніе составляетъ то же количество быстротой требуется только 2 часа 39 мин. чтобы пройти отъ солнца до Урана.

Поверхность Урана почти круговая, то въ диаметріи отъ приближается къ солнцу на 2720 миллионновъ километровъ, а въ диаметріи отъ него на 2980 миллионновъ километровъ. Разстояніе отъ Урана до земли во время оппозиціи составляетъ 2670, а во время соединенія 3135 миллионновъ километровъ.

Въ первомъ случаѣ видимый діаметръ Урана равняется 4,7", во второмъ—3,9", причемъ планета всегда имѣетъ яркость звѣзды 5-ой или 6-ой величины; поэтому Уранъ еще можетъ быть замѣченъ невооруженнымъ глазомъ. Свѣтъ, посылаемый къ намъ Ураномъ во время оппозиціи, по изслѣдованіямъ Цельнера, въ 8,5 миллиардовъ разъ слабѣе солнечнаго. Истинный діаметръ Урана составляетъ 59200 километровъ и, следовательно, приблизительно въ 5 разъ больше діаметра земли.



Рис. 152.

\* Сравнительные размеры Урана и солнца представляются на рис. 152.

§ 90. **Открытіе Урана и общія свѣдѣнія о немъ.** Уранъ былъ открытъ 13 марта 1781 годъ, въ маломъ мѣсяцѣ Бесселя, итальянцемъ Джованни Герадомъ, астрономомъ и математикомъ, самимъ изобретателемъ спиральной линзы. Такъ какъ это новое тело имѣло замѣчательныя черты между телами какъ планетскими такъ и звѣздными, то Герадъ не сразу призналъ въ немъ планету. Такъ какъ Уранъ имѣетъ очень маленькую скорость обращенія около солнца, приближенно въ 84 года, то Герадъ, не имѣя возможности съ достаточною точностью опредѣлить элементъ его движенія, оставилъ его въ своемъ дневникѣ въ томъ мѣсяцѣ Февралѣ и 17 марта 1781 года въ Мадридѣ, отъ едши старымъ вѣдомымъ Уранъ, пролетѣвшій въ своемъ вѣдомомъ мѣсяцѣ въ 1690 а вѣдомымъ въ 1786 году, причемъ оба наблюденія то замѣчательныя совпаденія этой планеты и потому явилась въ извѣстности этому. Вскорѣ послѣ этого

отыскано еще несколько старых наблюдений Урана, и через это удалось возможным определить элемент его орбиты с большою для того времени точностью, несмотря на то, что еще со времени открытия описали лишь небольшую часть своей орбиты. Гершель стал уже хотеть назвать новое светило *Georgium Sidus* в честь своего короля; однако в скором времени одержало верх предложение Боде дать новой планете имя Урана, что является более подходящим для большой планеты, в особенности если иметь в виду также имена других планет. Для Урана была избрана звезда  $\delta$ .

Выше было упомянуто, что диаметр Урана составляет 59200 километров. Отсюда следует, что его поверхность в 21 раз и объем в 92 раза превосходит поверхность и объем нашей земли. Масса Урана в 15 раз больше массы земли. Поэтому плотность его приблизительно в 6 раз меньше плотности земли и, следовательно, весьма близка к плотности нашей воды. На поверхности Урана свободно падающая глыба в первую секунду проходить 3.2 метра, т. е. на 1,7 метра меньше, чѣм у нас на землѣ, причем мы в этомъ случаѣ не можемъ, какъ въ случаѣ другихъ планетъ, принять во внимание уменьшение силы тяжести вследствие вращения, такъ какъ время вращения для Урана до сихъ поръ еще не определено. Самъ Уранъ проходитъ по своей орбитѣ 6,8 километровъ въ секунду, такъ что скорость движения этой планеты в 4 раза меньше скорости движения земли. Диаметр солнечнаго диска усматривается на поверхности Урана подъ угломъ 1,7, такъ что видимый диаметр солнца, усматриваемый съ Урана, в 19 разъ меньше видимата диаметра солнца, усматриваемата съ земли. Поэтому освѣщеніе, получаемое Ураномъ отъ солнца, в 19<sup>2</sup> или приблизительно в 360 разъ слабѣе освѣщенія, получаемата землей.

§ 91. **Вращеніе, сжатіе и спектръ Урана.** Такъ какъ эта планета находится очень далеко отъ насъ, то мы относительно ея поверхности почти ничего не знаемъ кромѣ того, что она представляется намъ въ видѣ маленькаго кругата слабо освѣщеннаго диска. Буфхаму (Виллан) впервые удалось въ 1870 и 1872 годахъ наблюдать, каждый разъ въ теченіе одного вечера, два свѣтлыхъ пятна, и на основаніи этихъ наблюдений по его мнѣнію можно было заключить, что планета совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ 12 часовъ. Въ 1883 году Скларелли и Юнгъ неоднократно, но только въ теченіе весьма короткаго времени, наблюдали на поверхности Урана пятна и полосы. Нѣсколько большаго определенности отличаются произведенныя въ 1884 и 1886 годахъ наблюдения Перротана, которому удалось замѣтить на дискѣ Урана образования, подобныя полосамъ Юпитера и Сатурна. Но его наблюдения все же еще слишкомъ неопредѣленны, чтобъ изъ нихъ можно было вывести какое-нибудь заключеніе о времени вращения Урана.

Совершенно также сказать изъ наблюдений и относительно сжатія Урана. Что Уранъ обладаетъ сжатіемъ и притомъ довольно значительнымъ, это подозрѣвать еще В. Гершель. По основаніи измереній Медлера, произведенныхъ въ 1842 и 1843 годахъ, для сжатія Урана получается, по видимому, съ большою точностью величина, равная  $\frac{1}{15}$ . Подобную же величину вывели изъ своихъ измереній Юнгъ и Скларелли, между тѣмъ какъ другие вышеупомянутые наблюдатели какъ то, О. Струве, Энгельманъ, Канцеръ, Милоскитцъ, Зелитеръ и т. д. считаютъ дискъ этой планеты совершенно круглымъ. Поэтому въ крайней мѣрѣ относительно величины сжатія Урана мы находимся пока еще въ полнѣмъ неопредѣленіи. Допуская, что сжатіе Урана составляетъ  $\frac{1}{10}$ , какъ это нашелъ Медлеръ и Хузо, на основаніи теоретическихъ соображеній, вычислять, что время вращения планеты должно заключаться между 7,3 и 12,5 часами.

Спектръ Урана былъ изученъ прежде всего Секки и Фотелемъ, затѣмъ Гутигисомъ и въ послѣднія времена Килеромъ. Въ спектръ Урана кромѣ большаго числа флуидоферозныхъ линий мы замѣчаемъ широкую полосу поглощенія въ красномъ свѣтѣ, въ томъ же самомъ мѣстѣ гдѣ подобная же полоса находится въ спектрахъ Юпитера и

Сатурна. Кроме того спектры Урана характеризуется свойственными только ему полосами поглощения в желтом, зеленом и зелено-голубом цветах (рис. 153). Отсюда несомненно вытекает, что Уранъ окруженъ плотной атмосферой.

§ 92. **Времена года на Уранѣ.** Вследствие (гл. XIII) мы узнаемъ, что плоскости орбиты спутниковъ Урана съ одной стороны и плоскость орбиты самой планеты съ другой стороны приблизительно взаимно перпендикулярны, причемъ плоскость орбиты Урана почти совпадаетъ съ плоскостью нашей эклиптики. Такъ какъ спутники всѣхъ известныхъ намъ до сихъ поръ планетъ движутся приблизительно въ плоскости экватора своей планеты, то мы съ большою вероятностью можемъ допустить, что плоскость экватора Урана приблизительно перпендикулярна къ плоскости его орбиты и что, следовательно, вклонность эклиптики для этой планеты составляетъ приблизительно  $90^\circ$ . Выше (стл. I, § 37) уже было показано, какимъ образомъ должно влиять на климаты и на времена года планеты подобное взаимное расположение плоскостей экватора и эклиптики. На Уранѣ не существуетъ почти никакого различия въ климатахъ. Другими словами, это значитъ, что относительно положения солнца на небѣ въ различные времена года совершенно безразлично, лежитъ ли данная страна въблизи экватора или въблизи полюсовъ, такъ какъ въ каждой точку на поверхности этой планеты, не исключая даже обоихъ полюсовъ, солнце два раза въ году бываетъ въ зенитѣ. Въ шесть вѣсны и осени въ экваторѣ всѣхъ странъ

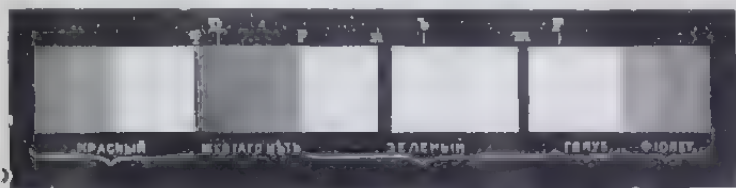


Рис. 153.

солнце бываетъ въ зенитѣ, въ странахъ же, лежащихъ около полюсовъ, оно находится въблизи горизонта, и въ это время на всей поверхности Урана день равенъ ночи. Однако, спустя короткое время послѣ этого, даже въ странахъ, лежащихъ въблизи экватора, замѣчается уже значительная разность въ длинѣ дня и ночи, и въ началѣ лѣта или зимы солнце находится въ зенитѣ соответственно на сѣверномъ или южномъ полюсахъ Урана; страны, расположенныя вокругъ этихъ полюсовъ, въ теченіе 42 вѣсныхъ лѣтъ имѣютъ или непрерывный день или непрерывную ночь. Такимъ образомъ упомянутое расположение плоскости экватора Урана обусловливаетъ возможно наибольшее различіе между временами года. Другими словами, насколько мало отличаются экваториальныя страны отъ полярныхъ въ отношеніи средней температуры, освѣщенія, растительности и т. д., настолько же огромною является разница, имѣеть ли мѣсто въ данной сѣверной или южной странѣ весна, лѣто, осень или зима, такъ какъ на Уранѣ, вследствие весьма большой вклонности эклиптики, времена года гораздо рѣже отличаются другъ отъ друга, лѣтъ у насъ на землѣ, если только солнце тамъ вообще оказывается на это какое-нибудь замѣтное вліяніе.

Какіе жители могли бы существовать на такой планетѣ, съ которой видимые размеры солнца представляются въ 360 разъ меньше, чѣмъ отъ насъ съ земли, и на которой даже въ полдень господствуетъ полныи мракъ, причемъ эти жители должны переносить весьма рѣзкія перемѣны времени года и прежде всего такой холодъ, отъ котораго у насъ на землѣ внезапно прекратилась бы всякая жизнь, объ этомъ мы предоставляемъ судить самимъ читателямъ.

## Г Л А В А X.

## Н е п т у н ь .

§ 93. **Неправильности въ движеніи Урана: догадки о существованіи планеты за Ураномъ.** Больше чѣмъ черезъ 60 лѣтъ послѣ того какъ В. Гершелемъ, открывъ Урана, расширилъ видъ прѣдѣлы солнечной системы, послѣднимъ членомъ которой въ то время тысячелѣтій считался Сатурнъ, прѣдѣлы эти неожиданнымъ образомъ были увеличены еще на 10 разъ выше земной орбиты благодаря открытію новой планеты, открытію, которое является единственнымъ въ исторіи астрономіи и которое не можетъ быть сравниваемо ни съ какимъ другимъ открытіемъ. Въ то время какъ другія новыя изысканія открывались двоюслучайно, тѣмъ благодаря правильно организованному осмотру известныхъ частей неба, главнымъ образомъ важную роль прѣдъ сыграли случаи, существованіе Нептуна было предустановлено на основаніи его влияния на движеніе Урана и мѣсто этой новой планеты на поверхности сферы было указано раньше, чѣмъ она была замѣчена.

Мы уже выше, имѣло въ § 66, говорили о томъ, какимъ образомъ поступаютъ астрономы для того, чтобы болѣе подробно ознакомиться съ орбитой новой планеты. Сначала они вычисляютъ въ предположеніи, что она расположена въ плоскости эклиптики, т. е. въ плоскости орбиты, но при этомъ вычисления прѣдъставляютъ собою лишь приближенныя солнечнаго, то же самое, что и раньше, прѣдъставляется въ предположеніи, что существованіе новой планеты и мѣсто ея, и что она находится въ какомъ нибудь мѣстѣ зодиакального круга. При такихъ условіяхъ орбиты планеты должны состоять изъ тѣхъ же элементовъ, какъ и орбита Сатурна, и должи быть въ пространствѣ, ограниченномъ эклиптикой и двумя параллелями, отстоящими отъ эклиптики на какомъ нибудь расстоянии. Поэтому предполагается, что орбита новой планеты будетъ имѣть такую же форму, какъ и орбиты Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурія, т. е. будетъ представлять собою кривую въ плоскости эклиптики, или въ плоскости параллели, параллельной эклиптикѣ. Въ пространствѣ, ограниченномъ эклиптикой и двумя параллелями, орбита планеты можетъ быть кривой въ плоскости эклиптики, или въ плоскости параллели, параллельной эклиптикѣ. Поэтому предполагается, что орбита новой планеты будетъ имѣть такую же форму, какъ и орбиты Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурія, т. е. будетъ представлять собою кривую въ плоскости эклиптики, или въ плоскости параллели, параллельной эклиптикѣ.

Въ предположеніи, что орбита новой планеты будетъ имѣть такую же форму, какъ и орбиты Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурія, т. е. будетъ представлять собою кривую въ плоскости эклиптики, или въ плоскости параллели, параллельной эклиптикѣ. Поэтому предполагается, что орбита новой планеты будетъ имѣть такую же форму, какъ и орбиты Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурія, т. е. будетъ представлять собою кривую въ плоскости эклиптики, или въ плоскости параллели, параллельной эклиптикѣ.

вплоть таким образом до тех порь пока не получится желаемое согласие вычислений съ наблюдёніями.

При вычисленіи орбиты Урана этотъ путь былъ предложенъ Деламбромъ, который въ 1789 году построилъ первыя таблицы движенія Урана, основанныя на тщательно определенныхъ элементахъ его орбиты. Эти таблицы согласовались съ наблюдёніями до второго десятилѣтія XIX вѣка, но затѣмъ стало замѣчаться постепенно возрастающее съ теченіемъ времени расхожденіе между вычисленными и наблюдаемыми положеніями Урана, расхожденіе, которое въ 1821 году достигло въ долготѣ одной минуты слишкомъ, и это обстоятельство побудило А. Буваря заняться новой обработкой всѣхъ имѣвшихся въ его распоряженіи наблюдёніи планеты. Въ этомъ отношеніи можно было воспользоваться уже весьма богатымъ матеріаломъ, а именно 40-лѣтними наблюдёніями съ 1781 до 1821 года и 19-ю старыми наблюдёніями, произведенными въ промежутокъ времени съ 1690 до 1771 года Фламетидомъ, Брадлеемъ, Мадеромъ и Лемонье, которые принимали эту планету за неподвижную звезду 6-й величины. Такимъ образомъ наблюдёнія Урана охватывали промежутокъ времени въ 130 лѣтъ или болѣе чѣмъ полтора оборота планеты, и потому съ полнымъ правомъ можно было ожидать, что тщательная и цѣлесообразная обработка наблюдёній дастъ возможность определить весьма хорошо орбиту, которая будетъ согласоваться съ наблюдёніями въ теченіе многихъ лѣтъ. Но, къ всеобщему удивленію, оказалось невозможнымъ только-что упомянутыя старыя наблюдёнія, произведенныя съ 1690 до 1771 года, удовлетворительно представить той же самой системою элементовъ, какъ и новѣйшія. Пробовали выводить элементы Урана изъ старыхъ наблюдёній, но въ такомъ случаѣ отклоненія положенія, вычисленныхъ на основаніи этихъ элементовъ отъ новѣйшихъ наблюдёній были настолько велики, что ихъ никакимъ образомъ нельзя было считать ошибками наблюдёній. Поэтому Буварь совершенно отбросилъ 19 старыхъ наблюдёній и определялъ орбиту Урана только изъ новыхъ.

Однако въ скоромъ времени, такъ сказать, наступилъ мѣсь за неправильное исключеніе старыхъ наблюдёній появившіяся въ 1821 году таблицы Бувара уже въ 1830 г. были ошибочны по долготѣ отъ 15' до 20', а по широтѣ отъ 10" до 15", а къ 1842 г. ошибки таблицъ возросли по долготѣ до 2', а по широтѣ до 30" и даже 40". Эти бросающіяся въ глаза неправильности и, если можно такъ выразиться, то упорство, съ которымъ новая планета противопоставляла всякой попыткѣ привести ея движеніе въ согласіе съ законами всемирнаго тяготѣнія, послужили поводомъ къ разнобразнымъ толкованіямъ, и, между прочимъ, некоторые астрономы полагали, что эти неправильности вызываються дѣйствіемъ одного или даже нѣсколькихъ еще неизвѣстныхъ въ нашей солнечной системы. Такъ, напр., Хуссей въ своемъ письмѣ къ Эри отъ 17 ноября 1834 года по этому вопросу пишетъ слѣдующее. — Потративъ въ послѣдніе годъ много труда на наблюдёнія Урана, я занялся точной повѣркой таблицы этой планеты составленныхъ Буваромъ. Неожиданное, повидимому, несогласіе новѣйшихъ наблюдёній со старыми привело меня къ заключенію о возможности существованія за Ураномъ возмущающаго тѣла, которое до сихъ порь не было приваго во вниманіе, такъ какъ оно намъ еще неизвѣстно. Мнѣ прежде всего пришла въ голову мысль вывести эмпирически приблизительное положеніе этого предполагаемаго тѣла и затѣмъ изслѣдовать при помощи моего большого рефлектора всѣ слабыя звѣзды въ соответственной области неба — однако я чувствовалъ себя совершенно неподготовленнымъ къ первой части этой задачи. До кромѣ того въ настоящее время у меня совершенно нѣтъ свободнаго времени, чтобы заняться этой задачей, потому теперь я оставляю ее въ сторонѣ. Въ мои бесѣды съ А. Буваромъ во время моего послѣдняго пребыванія въ Парижѣ я спрашивалъ его каково у него мнѣніе объ этомъ предметѣ, онъ, какъ и можно было ожидать, отвѣчалъ, что у него уже были подобныя же мысли, и что онъ долгое время переписывался по этому поводу съ Гаизеномъ. Съ моимъ братомъ съ

опредѣлить эмпирически мѣсто возмущающаго тѣла и затѣмъ дѣлсеобразнымъ образомъ обозрѣвать все оно согласенъ видѣть и при этомъ полагать, что такое предварительное вычисленіе скорѣе должно быть слѣдкомъ обширнымъ, чѣмъ труднымъ; если бы у него было свободное время, онъ хотѣлъ взяться за рѣшеніе этой задачи съ тѣмъ, чтобы сообщить мнѣ результаты, которые могли бы послужить мнѣ опорнымъ пунктомъ при оцѣнѣ соответственныхъ частей неба. Съ тѣхъ поръ я ничего не слышалъ отъ него объ этомъ предметѣ, самъ же я былъ настолько боленъ, что не могъ писать ему. Что вы думаете по этому поводу? Полагаю, что вообще вы одобряете мою мысль, въ какомъ случаѣ не могли ли бы вы указать мнѣ хотя бы грубымъ образомъ предѣлы, между которыми слѣдовало бы съ нѣкоторою строгостію на ушѣхъ искать въ теченіе будущей зимы это тѣло или можетъ-быть, эти тѣла? Такъ какъ можно предположить, что у новой планеты и плотность орбиты приблизительно такая же, какъ и у другихъ большихъ планетъ, то ширина зоны, которую слѣдуетъ обозрѣвать, должна быть очень незначительна. Мои телескопы, если я не ошибаюсь, настолько совершенны, что при помощи него я могу непосредственно и еще при дневномъ свѣтѣ отличить планету отъ неподвижной звѣзды. Впрочемъ при этомъ я все-таки поступилъ бы слѣдующимъ образомъ. Прежде всего всю часть неба, заключенную между указанными границами, я изложилъ бы на карту, причѣмъ отмѣнилъ бы самыя слабыя звѣзды, какія я только могу замѣтить при помощи своего телескопа. Извѣстнымъ образомъ въ теченіе недѣли я могъ бы уже обнаружить какое-либо измѣненіе въ ихъ относительномъ положеніи. Если все это не кажется вамъ пустою мечтою, что я отчасти боюсь также во время вѣдуемаго изъ васъ разговора съ Буваромъ, то вы меня очень обрадуете однимъ намекомъ на это.

Отвѣчая на это письмо, Эри говоритъ, что онъ также часто думалъ о нецѣлостности въ движеніи Урана, но что онъ считаетъ этотъ предметъ далеко еще недостаточно разъясненнымъ, чтобы имѣть хотя бы малѣйшую надежду на успешное рѣшеніе задачи о вліяніи неизвѣстнаго тѣла на движеніе Урана. Но особенный вѣсъ онъ придаетъ тому обстоятельству, что элементы, введенныя изъ наблюденій, произведенныхъ въ промежуткѣ между 1781 и 1825 годами, имѣютъ приблизительно одинаковыя отклоненія для 1750 и 1834 годовъ, когда планета проходила приблизительно по одной и той же части своей орбиты. Онъ полагаетъ, что это не дастъ повода дѣлать заключеніе о возмущеніяхъ, производимыхъ неизвѣстнымъ тѣломъ, но что объясненіе такихъ отклоненій слѣдуетъ искать въ несовершенствѣ теории. Но если бы даже было доказано, что эти отклоненія обусловливаются дѣйствіемъ неизвѣстной планеты, то онъ все же сильно сомнѣвается въ возможности обрѣсти мѣсто возмущающаго тѣла, только послѣ нѣсколькихъ последовательныхъ оборотовъ Урана возможно будетъ, но это мнѣнію болѣе гошлымъ образомъ объяснить причину нецѣлостности въ движеніи Урана. Совершенно то же самое высказалъ Эри также въ 1837 году въ своемъ письмѣ къ Е. Бувару, издѣланному инапредупрежденнаго А. Бувара.

Что, за существованіе повнато тѣла высказалъ еще Николли, который вначалѣ, подобно Ольберсу, былъ противникомъ мысли о трансуранической планетѣ. Въ своемъ письмѣ къ Шумахеру отъ 11 ноября 1835 года Николли, отсылая на основаніи собственнаго рѣшенія (§ 65) разстояніе отъ возмущающаго тѣла до солнца, находить, что оно должно быть въ 38 разъ болѣе радиуса земной орбиты, и въ заключеніе, при этомъ, что открытіе такой планеты при помощи телескопа было бы величайшимъ событіемъ науки. Зигмундъ Вессель занимался вопросомъ о замѣчныхъ нецѣлостностяхъ въ движеніи Урана еще въ 1823 году, какъ это видно въ настоящемъ примѣчаніи, но о перепискѣ съ Ольберсомъ и онъ долгое время не смѣлъ объяснить свои мысли, онъ остался въ возможномъ видѣннмъ открытаго Ньютономъ закона гравитаціи, считая, что приращенія небесныхъ тѣлъ зависятъ не только



отъ ихъ массъ и взаимныхъ разстояній, но также отъ различныхъ свойствъ этихъ тѣлъ. Противорѣчія, до которыхъ онъ дошелъ благодаря этой гипотезѣ, а также другія затрудненія заставили его, повидимому, оставить на время эти изслѣдованія, и только въ 1839 году онъ снова принялся за нихъ, но на этотъ разъ уже въ убѣжденнн, что неправильности въ движенн Урана производятся новою планетою, находящеюся за Ураномъ. Объ этомъ мы можемъ судить на основанн разговора, который онъ имѣлъ въ 1842 году съ Д. Гершедемъ въ Болоньѣ и который былъ опубликованъ этимъ послѣднимъ уже послѣ смерти Бесселя, послѣдовавшей 17 марта 1846 года, а также на основанн того обстоятельства, что онъ черезъ посредство своего ученика Флеминга уже выполнилъ нѣкоторыя относящіяся сюда подготовительныя работы. Датье, въ письмѣ Арцеландера къ К. Лигрову мы замечаемъ, что Бессель около этого времени имѣлъ сношенн по этому поводу также съ Арцеландеромъ, причѣмъ онъ просилъ его заново обработать старыя наблюденія Урана и высказывалъ убѣжденн, что можно опрѣдѣлить элементъ трансуранивой планеты включительно до эксцентриситета и наклонности хотя эти элементъ, по всей вѣроятности настолько малы, что не должны оказывать почти никакого влннн на результаты. Насколько справедливы были предположенія Бесселя, это мы увидимъ ниже. Вообще-тн онъ теопокртно писалъ Арцеландеру, чтобы тотъ не торопился съ обработкой старыхъ наблюденн Урана, такъ какъ прежде ему необходимо было окончить еще много предварительныхъ работъ, по какому роду были эти претврательныя работы, этого онъ въ своихъ письмахъ не объяснялъ.

§ 94 **Болѣе точныя изслѣдованія движенія Урана. Леверье.** Въ 1842 году Академн Наукъ въ Гельсингъ предложила на премн слѣдующую задачу: Представить такую удовлетворяющую всѣмъ требованьямъ науки обработку теорн движенія Урана съ извлеченнемъ главныхъ отдѣловъ съ соответственными подробностями. Однако никакого рѣшенн этой задачи представлено не было. Между тѣмъ развивалась новизна, составленная Е. Буваромъ таблицы движенія Урана, которыя представляли наблюденн съ 1781 до 1840 года гораздо лучше, чѣмъ таблицы его дѣди, но все же отклоненн вычисленныхъ положенн планеты отъ наблюдаемыхъ доходили до 15', и уменьшить эти отклоненн никакимъ образомъ не удалось. Однако такая ошибка для новѣйшихъ наблюденн совершенно недопустима тѣмъ болѣе, что наблюдаемыя положенн представляли собою не отдѣльныя наблюденн, а средня арифметическя изъ многочисленныхъ, весьма хорошо между собою согласныхъ наблюденнй.

Такимъ образомъ былъ установленъ тотъ фактъ, что удовлетворительнымъ образомъ представить одною системою эллиптическихъ элементовъ всѣ имѣвшнйся на лицо рядъ наблюденн Урана было невозможно. Но была ли причиной этого неизвѣстная планета, существованн которой подозрѣвалось многими астрономами или же, быть можетъ, одного закона всемирно извѣстнаго было недостаточно для объясненн движенія Урана, этотъ вопросъ оставался еще нерѣшеннымъ. Огромная важность болѣе подробнаго изслѣдованн этого предмета побудила Араго въ 1845 году предложить молодому математнку Леверье заняться окончательнымъ рѣшеннемъ этой трудной задачи. Леверье въ это время благодаря своимъ прекрѣпленнымъ и обширнымъ работамъ уже приобрѣлъ славу хорошаго геометра и вычислителя: онъ взялся за эти трудныя изслѣдованія и результаты своихъ вычисленнй, произведенныхъ съ удивительнымъ остроумемъ, представилъ Парижской Академн въ запискахъ 10 ноября 1845, 4 июня, 31 августа и 5 октября 1846 года. Весьма полный заключающнй въ себѣ всѣ выведення мемуаръ появился позже въ *Connaissance des temps* за 1849 годъ подъ заглавемъ «*Recherches sur le mouvement de la planète Herschel par U. J. Le Verrier.*»

Первая часть этого въ высшей степени интереснаго труда содержала въ частности возмущенн, производимыя Юпитеромъ и Сатурномъ въ движенн Урана, причѣмъ Ле

верье при разложенных въ ряды принимать во вниманіе всѣ члены, являющіе сколько-нибудь замѣтное вліяніе. Реѣ вычисленія онъ проводилъ по двумъ способамъ: по способу Лапласа, употребляющемуся еще и теперь, и по своему собственному способу, для того, чтобы по согласію результатовъ, полученныхъ двумя различными путями, убедиться въ вѣрности всего вычисленія.

Во второй части своего мемуара Леверье даетъ сравненіе развитой имъ теоріи движения Урана съ наблюденіями. Всѣ наблюденія съ 1690 до 1845 года были заново обработаны самымъ точнымъ образомъ, для соответственныхъ моментовъ наблюдений были вычислены на основаніи элементовъ Буvara гелиоцентрическаго положенія Урана, къ нимъ были прибавлены возмущенія, выведенныя изъ первой части мемуара, эти же были вычислены геоцентрическаго положенія, и уже эти послѣдніе Леверье, сравнивалъ съ наблюдаемыми положеніями. Если Уранъ не подвергается никакому другому вліянію, кромѣ притяженія солнца и планеты, находящейся внутри его орбиты (изъ этихъ послѣднихъ только Юпитеръ и Сатурнъ оказываютъ еще замѣтное вліяніе на движеніе Урана), то разности между вычисленными геоцентрическими доходящими и наблюдаемыми могли бы быть



Рис. 154. Памятникъ Леверье.

до 20" — если бы оба Бувара. Даже послѣ самаго тщательнаго непротекшенія элементовъ между вычисленными и наблюдаемыми все-таки оставались разности, доходившія до 20" и не поддаваясь въ своемъ ходѣ вполнѣ опредѣленному закону, такъ что онѣ не могли быть приняты только за случайныя ошибки наблюдений.

Но когда было открытъ обратный оборотъ приняло дѣло послѣ того, какъ Леверье принялъ во вниманіе три вычисленія элементовъ также 19 старыхъ наблюдений. Въ этомъ случаѣ остались замѣтныя ошибки, доходившія до 4" и даже болѣе и имѣвшія свой особый характеръ. Такія совершенно необыкновенныя отклоненія не-

объяснены только невѣрностью элементовъ, принятыхъ въ основаніе при вычисленіи орбиты Урана, и эти отклоненія даютъ въ руки прекрасное средство для надлежащаго исправленія упомянутыхъ элементовъ. Поэтому Леверье прежде всего сдѣлалъ попытку вывести новые эллиптическіе элементы, причемъ онъ воспользовался только новѣйшими наблюденіями съ 1781 года; но онъ встрѣтился съ такими же затрудненіями, какъ и его пред-

оспоримымъ образомъ доказывали, что Уранъ кромѣ притяженія солнца и извѣстныхъ планетъ, находящихся внутри его орбиты, подверженъ еще дѣйствию особой силы, весьма замѣтнымъ образомъ пзмѣняющей его движеніе.

Въ третьей части своего труда Л е в е р ь е вкратцѣ излагаетъ, что неправильности въ движеніи Урана, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, не могутъ быть удовлетворительнымъ образомъ объяснены ни сопротивленіемъ эѳира, ни влияніемъ большого спутника Урана, ни дѣйствіемъ кометъ, ни возможнымъ на большомъ разстояніи отъ солнца видовзмѣненіемъ закона всемірнаго тяготѣнія, но что единственной причиною этихъ неправильностей должна быть не извѣстная намъ планета, которая возмущающимъ образомъ дѣйствуетъ на движеніе Урана. Поэтому онъ рѣшился попытаться опредѣлить по возможности точно положеніе неизвѣстной планеты на основаніи наблюдаемыхъ въ движеніи Урана неправильностей. Эта планета не можетъ находиться между солнцемъ и Сатурномъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ въ движеніи Сатурна она должна была бы производить гораздо болѣе сильныя возмущенія, чѣмъ въ движеніи Урана, чего на самомъ дѣлѣ не замѣчается. Совершенно также нельзя допустить, что новая планета находится между Сатурномъ и Ураномъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ ее пришлось бы помѣстить гораздо ближе къ орбитѣ Урана, чѣмъ къ орбитѣ Сатурна, и кромѣ того она должна была бы обладать весьма малой массой, если она, несмотря на близость къ Урану, все же производитъ, какъ показываютъ наблюденія, сравнительно небольшихъ возмущенія въ его движеніи. Но легко видѣть, что ея возмущающая сила была бы замѣтна лишь въ теченіе того времени, когда она находится вблизи Урана; какъ только она пройдетъ мимо него и удалится отъ него на значительное разстояніе, ея дѣйствіе должно совершенно прекратиться, такъ какъ очень малая масса на большомъ разстояніи отъ какого-нибудь тѣла не можетъ оказывать никакого чувствительнаго вліянія. Кромѣ того, если допустить, что орбита возмущающей планеты находится вблизи орбиты Урана, то на основаніи третьяго закона Кеплера время обращенія такой планеты мало отличалось бы отъ времени обращенія Урана, вслѣдствіе чего сближеніе обоихъ тѣлъ въ теченіе періода, обнимающаго весь наблюденія Урана, могло бы имѣть мѣсто только одинъ разъ, что совершенно противорѣчитъ наблюденіямъ, которыя указываютъ на возмущенія не короткаго, а напротивъ того очень длиннаго періода.

Слѣдовательно, возмущающая планета лежитъ за орбитой Урана. Но и при этомъ допущеніи опять нельзя предположить, что ея орбита лежитъ вблизи орбиты Урана, такъ какъ иначе мы снова натолкнемся бы на такія же затрудненія, какъ и въ предыдущемъ случаѣ. Слѣдовательно, только далеко за Ураномъ можно надѣяться отыскать это неизвѣстное тѣло, причемъ его масса должна быть очень значительна. Если имѣть въ виду такъ называемый законъ Бодэ (§ 65), дающій среднія разстоянія отъ планетъ до солнца, и если вспомнить, что для наиболѣе отдаленныхъ отъ солнца планетъ это разстояніе для каждой послѣдующей планеты приблизительно вдвое больше, чѣмъ для предыдущей, то было бы весьма естественно предположить, что новое тѣло отстоитъ отъ солнца приблизительно въ два раза дальше, чѣмъ Уранъ. Но то, что такимъ образомъ явилось, только догадкой, благодаря нижеслѣдующимъ соображеніямъ обратилось почти въ достоверность. Выше уже было упомянуто, что новая планета, по предположенію, должна находиться за Ураномъ, но не слишкомъ близко къ нему. Однако новая планета не можетъ также находиться на очень большомъ разстояніи отъ Урана, именно ея разстояніе отъ солнца не должно превышать тройнаго разстоянія Урана отъ солнца, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы приписать ей необыкновенно огромную массу, чтобы она могла оказывать значительное вліяніе на движеніе Урана. Отношеніе разстояній отъ новой планеты до Сатурна съ одной стороны и до Урана съ другой было бы въ этомъ слу-

что такое, что ее влияние из Урана было бы сравнимо с ее действием на Сатурна, и в таком случае было бы невозможно объяснить возмущения Урана, не предположив значительных возмущений также в движении Сатурна. Поэтому весьма вероятно является догадка, что радиус орбиты нового тела приблизительно в 2 раза больше радиуса орбиты Урана.

Если кроме того, мы вспомним, что орбиты Юпитера, Сатурна и Урана наклонены почти очень малыми углами к плоскости эклиптики, то в первом приближении мы с полным правом могли бы допустить, что то же самое имеет место и для новой планеты, темь более, что согласно с наблюдениями в широтах Урана не замечается почти никаких возмущений кроме возмущений производимых Юпитером и Сатурном. Имел ли же в виду Лавверье поставить на разрешение следующие вопросы: можно ли возмущения в движении Урана приписать притягательному действию планеты которая находится в плоскости эклиптики и среднее расстояние которой от солнца приблизительно в два раза больше среднего расстояния Урана от солнца? Если это возможно, то в какой точке эклиптики находится эта планета? Как велика ее масса? **Каковы элементы ее орбиты?**

Возможность решения этих вопросов не подлежит никакому сомнению. В самом деле, если зная элементы планеты, мы можем определять возмущения, то и обратно, по возмущениям, которая неизвестная планета производит в движении Урана, можно было бы возможно определить ее орбиту. Но решение этой задачи во всяком случае в высшей степени сложно и требует обширных вычислений, так как обе орбиты, орбита Урана и орбита новой планеты, различны одна от другой, так что элементы орбиты возмущающего тела не могут быть известны без отправления элементов орбиты Урана.

Лавверье развилось тонкая формулы, пользуясь которыми, можно было бы решить эту задачу и затем старается определить неизвестная по способу последовательных приближений. При этом оказывается, что возмущающая планета может находиться только в одной точке эклиптики, а именно 1 января 1800 года средняя долгота этой планеты должна заключаться между  $243^{\circ}$  и  $252^{\circ}$ . В дальнейших приближениях Лавверье находит, что теория гравитация планет для 1 января 1847 года должна быть равна  $325^{\circ}$ . Этот результат он сообщил 1 мая 1846 года Парижской Академии и при этом с полным правом выказывал надежду, что если простои случай приведет к открытию Урана, то уже наверное будет найдена эта новая, еще неизвестная планета, раз ее положение указано наперед с таким приближением.

В четвертой части Лавверье дает более точное определение орбиты возмущающей планеты, основанное на всех совокупности наблюдений Урана, число которых доходить приблизительно до 300. Ниже приведены полученные им результаты.

Эпоха: 1 января 1847.

	Вероятнейшая орбита.		Пределы.
Средняя долгота . . .	$318^{\circ}47'4''$	между	$310,5^{\circ}$ и $335,6^{\circ}$
Долгота перигелия . . .	$284\ 45\ 8$	»	$229,9$ » $6,4$
Большая полуось . . .	$36,1539$	»	$35,04$ » $37,90$
Эксцентриситетъ . . .	$0,10761$	»	$0,0592$ » $0,2035$
Время обращения . . .	$217,387$ лѣтъ	»	$207$ » $233$
Масса . . . . .	$\frac{1}{9322}$ солнечной массы	»	$\frac{1}{4700}$ » $\frac{1}{14500}$

Благоприятный исход при отыскании новой планеты зависел главным образом от степени ее видимости. Известно, что диаметр Урана, отстоящего от нас приблизительно в 19 раз дальше, чем земля отстоит от солнца, усматривается под углом равным 4". Далее, масса Урана в 2,5 раз меньше массы новой планеты. Если бы было известно отношение плотностей обеих тел, то мы могли бы определить видимый диаметр новой планеты. Вообще, чем дальше от солнца отстоит планета, тем меньше ее плотность. Примем же что плотность ледяной планеты равна плотности Урана: в таком случае, несмотря на то, что это предположение весьма невыгодно для условий видимости новой планеты, все-же оказывается, что видимый диаметр ее будет на 60 линии дюймов составлять 3,3. Такой значительный угол вполне доступен для зрения астрономической трубы, если только яркость планеты достаточно велика. Предпожим, что новая планета обладает такою же отражательною способностью, как и Уран; в таком случае ее яркость во время оппозиции должна быть приблизительно в 3 раза меньше яркости Урана. После этих разуждений, которыми впоследствии воспользовался Штуммлер, мы при оценке размеров дотерритов (ж. 71), Деверье замечает: «Ces conditions physiques ne semblent promettre, que non seulement on pourra apercevoir la nouvelle planète dans les bonnes lunettes, mais encore qu'on distinguera l'amplitude de son disque, que son apparence ne sera pas réduite à celle d'une étoile» \*). Таким образом мы видим с какой предугадываемостью Деверье принял во внимание все обстоятельства, которые могли бы облегчить отыскание новой планеты.

Между прочим дотерриты Урана, вычисленные на основании ледяной теории при помощи вроятнейших элементов предполагаемой планеты очень хорошо согласуются с наблюдениями, начиная с 1781 года. Из 19 старых наблюдений, из которых некоторые были произведены Флемстигом, оно Мейером, оно Брадлеем и отчасти инацать— Лемонье, только для самых старых, выведенных Флемстигом, отклонения доходили до 20, но зато имать в виду, что за точность этих наблюдений никаким образом нельзя ругаться. Остальные же наблюдения, особенно такие, яркость которых подтверждалась другими одновременными или близкими по времени, вполне также очень хорошее согласие с теорией. При этом замечательно, что Лемонье, находясь далеко Урана шесть раз в промежуток времени с 15 по 23 января 1769 год, и, несмотря на движение светила, не признавал в нем планеты.

Во вступление четвертой части своего мемуара Деверье весьма остроумным образом определяет пределы, внутри которых по его вроятности должны находиться элементы возмущающей планеты— эти пределы даны в приведенной выше таблице рядом с вроятнейшими элементами.

Во пятой и последней части своего труда Деверье занимается вопросом, велели на основании наблюдений Урана старая теория возмущения элементов орбиты возмущающего тела, т. е. нельзя ли вычислить ее изклонность, ее эксцентриситет и долготу восходящего узла. Если возмущающее тело не движется в орбите, эксцентриситет орбиты Урана, то оно не только будет являться долготу Урана в его орбите, но будет производить также заметные возмущения в широту Урана, возмущения, которая должна быть тем больше, чем больше угол, составивший эксцентриситет орбиты Урана и возмущающего тела. Но мы уже выше упоминали, что в широту Урана кроме возмущения, обобщенных действием Юпитера и Сатурна замечались лишь совершенно незначительные и неправильности, на основании которых нельзя было с уверенностью делать заключения

\* Эти физические условия, мы знаем, следуют, что может случиться не только увидеть новую планету в хорошие апертурные телескопы, но также увидеть ее даже и не своим виду она не будет похожа на неподвижную звезду.

относительно искомым элементов. Во всяком случае отсюда следует, что наклонность орбиты возмущающего тела к плоскости орбиты Урана, а следовательно также и к плоскости экваторики должна быть очень мала. Леверье нашел, что эта наклонность должна заключаться в пределах от  $4^{\circ}$  до  $6^{\circ}$ .

Таким образом Леверье в своей работе исчерпал все, что можно было сказать наперед относительно неизвѣстной планеты на основании неправильностей, замѣченных в движении Урана. Положение этой планеты, ее предварительная орбита, приближенная величина ее диаметра, ее яркость и т. д. все это было дано, и потому можно было надеяться при помощи этих данных безъ затрудненій отыскать на небѣ новую планету. Линденау съ полнымъ правомъ говоритъ о работѣ Леверье следующее: «Изученіе этой работы представляетъ особенный интересъ благодаря тому что въ ней юношеская отвага соединяется съ зрѣлымъ опытомъ: въ самомъ дѣлѣ, на основаніи отклоненій теоріи Урана, не превосходящихъ  $20''$  (въ геоцентрическихъ положеніяхъ), съ рѣшительностью утверждать, что существуетъ небесное тѣло, отстоящее отъ насъ на сотни милліоновъ миль, и имѣть съ тѣмъ желаніемъ опредѣлить его элементы и размеры на основаніи взаимодѣйствія этихъ двухъ тѣлъ,—это ли не отважный поступокъ?»

§ 95 **Открытие новой планеты и ее названіе.** Но зато тѣмъ прекраснѣе была награда за эту трудную работу 23 сентября 1846 года Галле, бывшій тогда наблюдателемъ Берлинской обсерваторіи, получилъ отъ Леверье письмо, въ которомъ этотъ послѣдній сообщилъ окончательные результаты своихъ вычисленій и вѣроятнѣйшее положеніе неизвѣстной планеты, и еще въ ту же самую ночь Галле удалось отыскать эту планету. Онъ нашелъ поблизости отъ предвычисленнаго мѣста звѣзду 8-ой величины, которой не было на вычерченной Бремккеромъ академической картѣ соответственной части неба, и въ слѣдующій же вечеръ это свѣтло благодаря своему суточному передвиженію среди неподвижныхъ звѣздъ было признано за новую планету. Отклоненіе дѣйствительнаго мѣста планеты отъ вычисленнаго едва составляло одинъ градусъ.

При увеличеніи въ 320 разъ можно было даже различить дискъ у этого свѣтила, и диаметръ этого диска по опредѣленіямъ Галле и Энке составлялъ круглымъ числомъ  $3''$ . Въ первомъ сообщеніи объ этомъ открытіи въ журналѣ «Astronomische Nachrichten» Энке говоритъ: «Даже и въ этомъ случаѣ предположеніе Леверье который принимаетъ диаметръ новой планеты равнымъ  $3.3''$ , вполне подтвердилось. Было бы излишнимъ прибавлять къ этому еще что-нибудь. Это самое блестящее изъ всѣхъ открытій планетъ, такъ какъ на основаніи чисто теоретическихъ изслѣдованій было предсказано существованіе новой планеты и предвычислено ее мѣсто. Позвольте еще замѣтить, что такъ скоро найти эту планету было возможно только благодаря превосходнымъ академическимъ звѣзднымъ картамъ, составленнымъ Бремккеромъ. Дискъ у новой планеты можно замѣтить только тогда, когда знаешь, что это планета».

Послѣ того какъ планета была открыта, она должна была, по обычаю астрономовъ, получить подходящее имя. Галле въ своемъ письмѣ къ Леверье отъ 25 сентября предложилъ для новой планеты имя Янусъ. Но Леверье въ своемъ отвѣтѣ отъ 1 октября отклонилъ это предложеніе въ слѣдующихъ выраженіяхъ: «Le nom de Janus indiquerait que cette planete est la dernière du système solaire, ce qu'il n'y a aucune raison de croire \*»), и при этомъ упоминаетъ о принятомъ въ Бюро Долготы рѣшеніи назвать новую планету Нембусомъ и принять для знака этой планеты трузубецъ ( $\Psi$ ). Въ позднѣйшемъ своемъ письмѣ (отъ 6 октября) онъ, однако говоритъ, что рѣшеніе вопроса о названіи планеты онъ представилъ астроному Араго, и прибавляетъ: «... j'ai été un peu con-

\* Имя Януса употребляли бы на то, что эта планета послѣдняя въ солнечной системѣ, между тѣмъ какъ имѣть никакого основанія думать это.

fus de la decision, qu'il (Arago) a pris dans le sein de l'Academie... \*). Когого рода было это решение, это видно из журнала «Comptes rendus des seances de l'Academie des sciences» отъ 5 октября 1846 года, гдѣ сказано «Mr. Arago a annonce a l'Academie, qu'ayant reçu de Mr. Le Verrier une delegation tres flatteuse, le droit de nommer la nouvelle planete, il s'est decide a la designer par le nom de celui, qui l'a si savoramment decouverte, a l'appeler Le Verrier».) Астрономы вначалѣ были, повидимому, въ нерешительности, на какомъ имени остановиться какъ на наиболѣе подходящемъ, и единственное въ своемъ родѣ открытіе побуждало многихъ изъ нихъ предпочесть имя Леверье всякому другому имени, влѣтому изъ мифологии. Однако въслѣдствіи всея астрономической мнрѣ рѣшился, согласно предложенію Бюро Долотъ, остановиться на имени Нептуна, въ особенности, когда за это же имя влекказались такіе авторитеты, какъ Гаусъ, Эйлеръ, Д. Гершель, В. Струве и другіе.

§ 96. Работы Адамса, касающіяся теоріи Урана. Едва только извѣстіе объ открытіи новой планеты распространилось въ Англии, какъ нѣкоторые изъ выдающихся англійскихъ астрономовъ, а именно Эри, Чаллисеъ и Д. Гершель стали утверждать, что молодой англійскій математикъ Адамсъ изъ Кембриджа предпринялъ и окончилъ обработку теоріи Урана еще раньше Леверье. Даже отысканіе планеты на небѣ оспаривалось у берлинскаго астронома Галле, причемъ англійчане утверждали, будто бы открытіе планеты уже раньше удалось Чаллисеу въ Кембриджѣ. Возникши по этому поводу споръ со стороны англійчанъ поддерживали въ пользу Адамса Эри, Чаллисеъ и Гершель, между тѣмъ какъ изъ французскихъ астрономовъ участіе въ немъ принимали Араго и Леверье. Мы прослѣдимъ здѣсь эту интересную колемису по крайней мѣрѣ въ главныхъ чертахъ, имѣя въ виду, что весьма важно узнать, какое участіе принималъ Адамсъ въ открытіи Нептуна, ознакомиться со всею его работою и сравнить ее съ работою Леверье.

Что Адамсъ уже въ 1844 году занимался теоріею Урана, это явствуетъ изъ письма Чаллисеа къ Эри отъ 13 февраля 1844 года, въ которомъ Чаллисеъ упоминаетъ, что одинъ изъ его молодыхъ друзей, Адамсъ изъ коллегжа съ Джона, занимается теоріею Урана и на основаніи тривничскихъ наблюденій хочетъ получить таблицу по долготѣ для промежутка времени съ 1818 года до 1826 года. Въмѣстѣ съ тѣмъ Чаллисеъ отъ имени Адамса спрашиваетъ, не подтвердился ли имѣнно кроме массы Юпитера еще какія-нибудь другія основныя данныя, послуживши Бувару для составленія таблицъ движенія Урана. Эри отвѣтилъ на это письмо 15 февраля 1844 года, причемъ переслалъ Чаллисеу полныя архивыя всѣхъ наблюденій какъ по долготѣ, такъ и по широтѣ съ 1754 до 1830 года и сообщилъ необходимыя свѣдѣнія относительно втораго вопроса. Чаллисеъ въ своемъ отвѣтѣ отъ 16 февраля 1844 года говоритъ, что теперь Адамсъ имѣетъ все, чтобы довести до конца ислѣдованіе, которымъ онъ занимается.

Черезъ годъ и нѣсколько мѣсяцевъ Адамсъ лично отнесъ къ Эри написанное къ этому послѣднему Чаллисеомъ 22 сентября 1845 года рекомендательное письмо слѣдующаго содержанія «Мой другъ Адамсъ, который вручить вамъ это письмо окончилъ вычисленіе возмущеній Урана, производимыхъ предполагаемой, болѣе далекой планетою, и пришелъ къ результатамъ, которые онъ съ удовольствіемъ сообщить вамъ лично. Его вычисленія основаны на наблюденіяхъ, которыя вы съ такою готовностію сообщили ему нѣсколько времени тому назадъ. Имѣя въ виду его математическія познанія и его навыкъ въ вычисленіяхъ, я вполне довѣрю вамъ результатамъ, которые онъ получилъ».

\*) И было немного смущенъ рѣшеніемъ, которое онъ (Араго) принялъ въ Академіи.

\*\*\*) Араго объявилъ Академіи, что онъ, получивъ отъ Леверье лествицею полномочіе, именно право дать имя новой планетѣ, рѣшился назвать ее именемъ того, кто ее открылъ такимъ научнымъ способомъ, т.-е. именемъ Леверье.

Адамсъ въ записи Эри томъ, такъ какъ онъ въ это время былъ въ Парижѣ. Въ поминкахъ мѣсяцъ октябръ 1845 года Адамсъ вторично обратился въ Гринвичъ и, такъ какъ онъ не засталъ Эри томъ, то оставилъ на обсерватории письмо слѣдующаго содержания. Оно основано на двухъ вычисленияхъ и вывѣстала неправомерности въ выведеніи Урана могутъ быть обвинены двѣдѣльнѣ вывѣдены планеты, орбита которой определяется слѣдующими элементами:

Среднее разстояніе, принятое на основаніи ряда Бодя . 38,4

Средняя долгота 1 октября 1845 года . . . . . 323° 34'

Среднее годовое движеніе . . . . . 1° 30' 9"

Долгота перигелия . . . . . 315° 55'

Эксцентриситетъ . . . . . 0,1610

Масса . . . . .  $\frac{1}{1000}$  солнечной массы.

Нѣсколько наблюдений я сообщалъ такъ называемыя нормальныя мѣста и для этого было мною въ 1830 году тринадцать наблюденьми а съ этого времени тринадцатыми и четырнадцатью, а также двумя положеньми планеты, которыя публиковались въ журналѣ *Astronomische Nachrichten*. Въ средней долготѣ остаются слѣдующія ошибки:

Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ
1780	+0,3"	1801	-0,1"	1822	+0,3"
1783	-0,2	1804	+1,8	1825	+1,9
1786	-1,0	1807	-0,2	1828	+2,2
1789	+1,8	1810	+0,6	1831	-1,1
1792	-0,9	1813	-0,9	1834	-1,4
1795	+0,1	1816	-0,3	1837	-1,6
1798	-1,0	1819	-2,0	1840	+1,7

(Слѣдующія наблюденія по думаютъ слѣдующія остаются ошибки)

Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ
1690	+44,4"	1750	-1,6"	1763	-5,1"
1712	+6,7	1753	+5,7	1769	+0,6
1715	-6,8	1756	-4,6	1771	+11,8

Эти ошибки малы, если исключитъ наблюденье Флеметида, произведенное въ 1690 году. Такъ какъ это наблюденье отдѣлено отъ остальныхъ большимъ промежуткомъ времени, то я счелъ за лучшее вовсе не принимать его во вниманіе при составленіи условныхъ уравненій. Впрочемъ тотчасъ было оно должно замѣнить среднее движеніе, чтобы уничтожить также и это отклоненіе.

Около того же времени Дессель получилъ отъ Дорсса, который видѣлъ у Эри копію письма Адамса, коротенькое письмо съ замѣткой относительно предполагаемаго мѣста появленія планеты для октября мѣсяца 1845 г. и твердо намѣревался заняться обнаруженіемъ этой планеты, но не могъ выполнить этого сначала вследствие болѣзни, а затѣмъ по тому, что не могъ болѣе найти письма Дорсса.

Эри отозвался на письмо Адамса 5 ноября. Въ своемъ отвѣтѣ онъ признаетъ рѣшительнѣ Адамсомъ числа весьма удовлетворительными, наблюденье Флеметида видѣть артефактъ очень мало вѣст, но высказываетъ желаніе узнать, имѣютъ ли столь же малую разницу оставшіяся ошибки въ радиусъ-векторѣ Урана. Эри какъ онъ впоследствии признаетъ, съ большимъ нетерпѣніемъ ожидалъ отъ Адамса отвѣта. Если бы онъ не сумѣло подѣлаться только что предложеннаго вопроса, то Эри позаботился бы о томъ, чтобы самъ видѣлъ въ истребленіи ученымъ миръ съ работой Адамса. Однако по



неизвестной ему, но вероятно совершенно случайной причинъ. Этого ответа не послѣдовало, о чемъ Эри неоднократно глубоко сожалѣть.

Вскорѣ послѣ этого появились первая и вторая части мемуара Леверье, содержаніе которыхъ герадь было изложено выше. Эри былъ очень обрадованъ согласіемъ редукаціоннаго, назначеннаго Леверье, съ тѣми, которые Адамсъ сообщилъ ему уже семь мѣсяцевъ тому назадъ. Положилъ новой планетѣ опредѣленныя обѣими редукаціонными, согласовались между собою до одного пункта. До этого времени Эри еще самъ вѣдался въ вѣрности работы Адамса; и только теперь онъ отнесся съ полнымъ добровольемъ къ работамъ обоихъ астрономовъ и на гринвичской обсерваторіи началъ кометамъ въ которой присутствовали также Гершель и Чаллисе, рѣшительно мнѣ образомъ думать, что на основаніи согласія между собою работъ Леверье и Адамса съ полнымъ вѣроятіемъ можно ожидать открытія новой планеты и это побудило Чаллисе предпринять ея отысканіе.

9 мая 1846 года Эри написалъ Чаллисеу, что по его мнѣнію по многимъ причинамъ, изъ которыхъ на первомъ планѣ стоитъ предполагаемая слабая яркость новой планеты только въ томъ случаѣ можно надѣяться на успѣхъ три вѣдѣтели въ послѣдствіяхъ за ней, если бы этого воспользовался большимъ по умѣренности телескопомъ и вызвалъ бы предостарить въ его распоряженіе бы одинъ или ассистентъ. 13 мая Эри послалъ профессору Чаллисеу въ письмѣ замѣчанія относительно поисковъ предполагаемой планеты и снова настоятельно приглашалъ присутствію къ этой работѣ. Чаллисе, которую Эри пожелалъ необходимымъ и сдѣлать, но дѣла простирались на 30°, по ширинѣ на 10° и была разложена въ пять частей. Чаллисе отъѣхалъ 18 мая и сообщилъ что онъ самъ хотѣлъ заняться этой работѣ. Это дѣло было только отличался отъ работъ Эри и былъ признанъ за вандушии. Чаллисе присутствовалъ въ изслѣдованіи неба 29 мая и въ действительности нашелъ Палласъ и Вару равные, чѣмъ онъ былъ открытъ берлинскимъ астрономомъ Галле во только, въ сообщеніи призналъ въ немъ планеты.

2 сентября 1846 года Эри получилъ отъ Адамса еще одно письмо, въ которомъ этотъ послѣдній замѣчаетъ, что онъ для средняго расстоянія сдѣлалъ новую величину, которая на  $\frac{1}{30}$  меньше его первоначальной величинѣ, образующей по закону Бодде, и благодаря этому получилъ лучшее согласіе теоріи съ наблюденіями. Онъ замѣчаетъ, что, уменьшая еще среднее расстояние можно сдѣлать еще большее согласіе и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшить эксцентриситетъ, при которомъ выдѣлалась первоначально большая величина. Такимъ образомъ для Марса и Юпитера по этой планетѣ онъ нашелъ слѣдующія величины:

Средняя долгота 1 октября 1846 года . . . . .	323°2'
Долгота перигелія . . . . .	299°
Эксцентриситетъ . . . . .	0,12062
Масса . . . . .	$\frac{1}{6665}$ солнечной массы.

Къ этому Адамсъ прибавляетъ, что при большихъ широтахъ отклоненія значительно увеличиваются къ 1843 году, и поэтому весьма желательна еще одна работа. Относительно перваго наблюденія, произведеннаго Флеместидомъ въ 1690 году, онъ опять говоритъ, что оно не годится, и заключаетъ свое письмо замѣчаніемъ, что онъ занимается изслѣдованіемъ ошибокъ въ широтѣ Урана съ цѣлью получить приближенныя значенія наклонности и долготы восходящаго узла орбиты новой планеты, причемъ на основаніи предварительныхъ вычисленій наклонность получается только что выдѣланнымъ гота восходящаго узла круглымъ числомъ равна 300°.

Въ это время Леверье предсталъ въ Парижской Академіи свои послѣдніе вычисления

относительно новой планеты (31 августа и 5 октября) и такимъ образомъ опередилъ Адамса, который все еще не опубликовалъ своей работы.

Изъ вышеизложеннаго вытекаетъ, что Адамсъ и Леверье одновременно и независимо другъ отъ друга занимались теоріей Урана, причемъ вначалѣ Адамсъ въ своихъ изслѣдованіяхъ дѣйствительно былъ впереди Леверье, и только благодаря несправедливому недоверію выдающихся англійскихъ астрономовъ къ вычисленіямъ ихъ соотечественника первенство относительно открытія Нептуна было отнято у него его французскимъ соперникомъ. Видно съ тѣмъ ясно, что открытіе Нептуна, совершенно такъ же, какъ открытіе закона всемирнаго тяготѣнія (часть III, § 3) или познаніе природы падающихъ звѣздъ (глава XIV), въ сущности принадлежитъ не одному лицу, а цѣлой эпохѣ, и Леверье былъ, такъ сказать, только выразителемъ того, что уже назрѣло въ умѣхъ его современниковъ.

§ 97. **Заключительныя замѣчанія Общія свѣдѣнія относительно Нептуна.** Само собою разумѣется, что теперь, послѣ этихъ предварительныхъ опредѣленій орбиты Урана и Нептуна, были предприняты окончательныя вычисления на основаніи извѣстныхъ наблюдений, и всего только въ нѣсколько недѣль были получены весьма точные результаты, такъ какъ для Нептуна такъ же, какъ и для Урана, были найдены старыя наблюденія, отдѣленные отъ момента открытія большимъ промежуткомъ времени. Именно, нѣсколько мѣсяцевъ спустя послѣ открытія Нептуна Петерсенъ въ Гамбургѣ и одновременно съ нимъ Уокеръ (Walker) въ Вашингтонѣ отыскали, что въ 1795 году Лаландъ наблюдалъ эту планету, но только принялъ ее за неподвижную звѣзду. Впоследствии Моне (Maunus) на основаніи рукописнаго оригинала «Histoire Celeste» доказалъ, что Лаландъ въ вышеупомянутомъ году наблюдалъ Нептунъ даже два раза, а именно 8 и 10 мая, но онъ былъ введенъ въ заблужденіе собственнымъ движеніемъ этого свѣтила, и потому при публикованіи своей работы одно положеніе отбросилъ, какъ ошибочное.

Послѣ перваго болѣе точнаго опредѣленія орбиты Нептуна, которое было сдѣлано Уокеромъ и которое сверхъ ожиданія хорошо представило также первое положеніе Урана, опредѣленное Флемстидомъ, тотчасъ же бросилось въ глаза значительное отлечіе найденныхъ такимъ образомъ дѣйствительныхъ элементовъ отъ гипотетическихъ, послужившихъ къ открытію планеты. Такъ, напр., среднее разстояніе оказалось равнымъ не 36, какъ было принято при предварительныхъ вычисленіяхъ, а только 30 радиусамъ земной орбиты, и это отклоненіе обратило на себя вниманіе астрономовъ не потому, что такимъ образомъ былъ нарушенъ рядъ Бодде (§ 65), который собственно нельзя разсматривать какъ законъ природы, а потому что такое измѣненіе одного изъ важнѣйшихъ элементовъ должно было оказать замѣтное вліяніе на принятыя значенія другихъ величинъ. Такъ, напр., если Нептунъ находится настолько ближе къ Урану, то его масса въ дѣйствительности должна быть гораздо меньше, чѣмъ это было принято въ началѣ. Въ самомъ дѣлѣ, сѣверо-американскій математикъ Пирсъ при помощи труднаго изслѣдованія нашелъ, что масса Нептуна составляетъ приблизительно  $1/2000$  солнечной массы, между тѣмъ какъ въ основаніи вычисленій Леверье и Адамса для нея получилась вдвое большая величина. Вскорѣ послѣ отысканія Нептуна Лассель въ Ливерпулѣ открылъ спутника этой планеты, котораго онъ самъ, Чаллисъ, О. Струве и Бондъ наблюдали настолько много, что его элементы въ скоромъ времени были опредѣлены съ достаточною точностью. Отсюда масса Нептуна получилась въ предѣлахъ отъ  $1/15000$  до  $1/20000$ , что находится въ полномъ согласіи съ результатомъ, найденнымъ Пирсомъ. Орбита, которую Нептунъ, какъ теперь узнали, дѣйствительно описываетъ около солнца, въ общемъ настолько отлична отъ данныхъ Леверье и Адамса, что Пирсъ даже высказалъ мнѣніе, что на Нептуна слѣдуетъ смотрѣть какъ на планету случайно открытую, а не такую, существованіе которой было предсказано Леверье, главнымъ образомъ потому, что этотъ послѣдній не обратилъ

вниманіи на приблизительную соизмѣримость время обращенія Нептуна и Урана, а это обстоятельство, какъ мы уже неоднократно говорили (§§ 73 и 86), служить причиной весьма значительныхъ возмущеній. Съ теоретической точки зрѣнія, пожалуй, можно было высказать такое мнѣніе, практическое же слѣдствіе, которое вывелъ отсюда Пирсъ, не выдерживаетъ никакой критики. Въ самомъ дѣлѣ, на основаніи возмущеній можно найти только направленіе на возмущающее тѣло и, вмѣстѣ съ тѣмъ, элементы, опредѣляющіе это направленіе. Но въ этомъ смыслѣ какъ элементы Леверье, такъ и элементы Адамса вполнѣ выполняли свое назначеніе не только для промежутка времени съ 1780 по 1840 года, послужившаго для нихъ опредѣленія на основаніи возмущеній Сатурна, но также и для одного или двухъ десятилѣтій до и послѣ этого промежутка, какъ это легко можно заключить на основаніи графическаго сравненія дѣйствительной и предварительной орбитъ

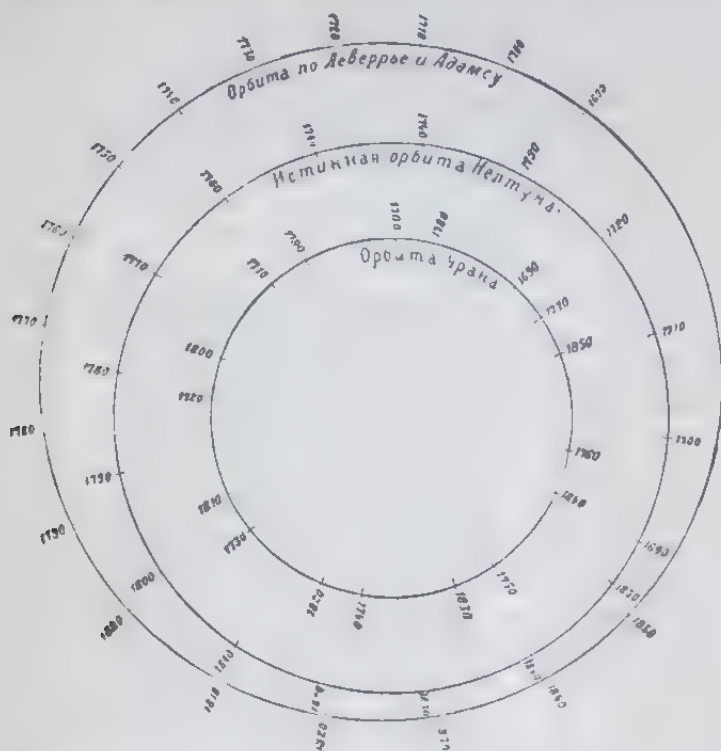


Рис. 155.

Нептуна, сравненія, сдѣланнаго Вакербартомъ и представленнаго на рис 155. Для болѣе далекихъ эпохъ, напр. для 1700 г., получается, во всякомъ случаѣ, огромная разница между истиннымъ и предвычисленнымъ положеніями Нептуна, и на этомъ основаніи наблюденіе Фламестида, произведенное въ 1690 году, не могло быть хорошо представлено. Въ этой эпохи не было ни одного точнаго наблюденія Урана, которое могло бы доставить Леверрье и Адамсу подходящий материалъ для вычисленія или только для исправленія элементовъ Нептуна.

По новѣйшимъ свѣдѣніямъ среднее разстояніе отъ Нептуна до солнца почти равно въ 30 разъ больше средняго разстоянія отъ земли до солнца. Выраженное въ километрахъ, это разстояніе составляетъ 4464000000. Наибольшее разстояніе Нептуна отъ солнца равняется 4510 милліонамъ, а наименьшее 4420 милліонамъ километровъ. Разстояніе Нептуна отъ земли колеблется въ предѣлахъ отъ 4655 до 4274 милліоновъ километровъ. Сидерическое время обращенія Нептуна равняется 164,6 годамъ, тропическое

164,5 годамъ, а синодическое — 367,46 суткамъ (часть I, §§ 84, 85 и 86). Видимый диаметр Нептуна мѣняется отъ 2,4 до 2,7. Видимый его диаметр составляетъ 55000 диаметровъ и, следовательно, въ 4 раза больше диаметра земли, но въ 25 разъ меньше диаметра солнца. Поверхность Нептуна равняется 9500 миллионамъ квадратныхъ километровъ, т. е., приблизительно въ 19 разъ больше поверхности земли. Объемъ Нептуна составляетъ 87 миллионовъ кубическихъ километровъ и, следовательно, приблизительно въ 20 разъ больше объема земли. Наконецъ, масса Нептуна въ 19000 разъ меньше массы солнца и въ 16 разъ больше массы земли. Спектръ Нептуна, по изслѣдованіямъ Фотеля, очень сходенъ со спектромъ Урана. Цельснеръ показываетъ, что Нептунъ во время оппозицій въ среднемъ имѣетъ яркость свѣта въ 79,6 миллионовъ разъ меньше, чѣмъ солнце.

§ 98. **Существуютъ ли транснептуніальныя планеты?** Уже спустя нѣсколько дней послѣ открытія Урана выступилъ на сцену вопросъ, действительно ли эта планета послѣдняя въ нашей солнечной системѣ, вопросъ, который естественно былъ съюзы, возмуждѣвъ послѣ открытія Нептуна. Что сила солнца можетъ заставить вылетѣть около него тѣла, находящіяся далеко за Ураномъ и Нептуномъ — это не подлежитъ никакому сомнѣнію. И въ этомъ убѣдились Лаландъ и Буркхардтъ еще въ 1800 году заимъ въ отрезкиномъ трансураниовой планеты, какъ это заключилъ Мове на основаніи замѣчаній къ рукописи Лаландта, помѣщенной основаніемъ вильхелмовской Нисторге Селесте. Точно также мы видели (§ 95), что Леверье отклонилъ имя Янусъ, предложенное астрономомъ Галле для Нептунъ, только къ, въ фронтомъ случаѣ могло бы говорить, что этимъ именемъ хотѣли указать на то, что эта планета есть послѣдняя въ солнечной системѣ. Послѣ этого сами собою явились вопросы: есть ли вѣроятіе существованія транснептуніальныхъ планетъ.

Въ этомъ отношеніи прежде всего, очевидно, слѣдуетъ бы попытаться и открыть самую послѣднюю изъ и Нептуна, теоретическимъ путемъ, при помощи вычисленій. Если мы рассмотримъ тѣ возмущенія, которыя были приведены въ видѣ (§ 94) относительно вѣроятнаго расположенія планетъ возмущающей свѣтлѣе Урану, то мы точно такимъ же образомъ, какъ и тогда, должны къ заключенію, что планетъ планетъ, можетъ существовать около планетъ за орбитою Нептуна. Но въ этомъ случаѣ, тѣлѣтвенно медленнѣе движутся Нептунъ и возмущающей планетѣ, эта послѣдняя долгое время будетъ двигаться на Нептунѣ, приближаясь или отходя отъ него, и потому съ точки зрѣнія вѣроятности можно думать достигнута тѣмъ мнѣніемъ, что Нептунъ гораздо больше, чѣмъ это было прежде для Урана, и, следовательно, еще очень не скоро могли бы быть замѣчены возмущенія, производимыя въ вѣдѣнн Нептуна болѣе далекой планетой. Поэтому подобное изслѣдованіе въ вѣдѣнн на землѣ могло бы быть предпринято, самое раннее — только послѣ изобрѣтенія Свѣтлѣе. Съ другой стороны, открытіе такой планетѣ при помощи фотография было бы вѣроятно уже давно, если бы предположить, что она вѣрно вѣроятно существовать и существовать вѣрно одной яркостью, чтобы быта вѣдѣнн для вѣдѣнн.

Но всему этому мы должны еще прибавить, что Форбесъ уже было на основаніи фотографическихъ ири и вранавильно выдѣлалъ существованіе двухъ транснептуніальныхъ планетъ и уже опредѣлить ихъ вѣроятное положеніе на небѣ. Это вѣдѣнн по вѣдѣнн Форбеса предпринять нѣтъ рядъ весьма точныхъ и тщательныхъ фотографическихъ изслѣдованій, сообразительной довольно обширной части небѣ, но онъ убѣдился, что съ вѣдѣнн на вѣдѣнн даже среди самыхъ слабыхъ получившихся на пластинкахъ вѣдѣнн не было ни одного свѣтила съ собственнымъ движениемъ.

§ 99. **Жители планетъ.** Не же самая разсужденія, которыя были высказаны въ § 92 о вѣдѣнн вѣдѣнн Урана, медленнѣе бы еще съ болѣе, прѣдметъ, который такъ вѣдѣнн о вѣдѣнн Нептуна. Но вѣдѣнн этого мы вѣдѣнн вѣдѣнн вѣдѣнн замѣчаній по этому предмету.

Можно съ довольно большою увѣренностью считать, что на всѣхъ мировыхъ глѣзахъ въ извѣстной стадіи ихъ развитія находятся въ безчисленномъ множествѣ различнаго рода живыя существа, наслаждающіяся жизнью. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ на землѣ мы находимъ жизнь въ каждой песчинкѣ, въ каждой каплѣ воды, такъ неужели же такія огромныя глѣза, какъ планеты, должны быть совершенно лишены жизни? Дѣлье, у насъ на землѣ существуютъ огромное различіе не только между животными, но и между людьми различныхъ странъ, напр., между ласланцами и неграми, и необходимо допустить, что различіе между жителями другихъ мировъ еще больше. Было бы несправедливо измѣрять благолетво и благоосостояніе этихъ жителей сообразно съ нашими потребностями и призывать ихъ несчастными только потому, что мы чувствовали бы себя несчастными при условіяхъ, которыя господствуютъ на другихъ планетахъ, такъ какъ жители послѣднихъ, одаренные совершенно иной организаціей, могутъ смотрѣть на эти условія съ совершенно другою точки зрѣнія. Есть много такихъ лицъ, и среди нихъ мы встрѣчаемъ даже знаменитыхъ астрономовъ, — для которыхъ разсужденія объ обитаемости мировъ представляютъ излюбленную тему. Перѣдко они не ограничиваются разборомъ того вліянія, которое оказали бы на жителей другихъ мировъ иное чѣмъ у насъ распредѣленіе времени года, иные условія температуры и освѣщенія, при предположеніи, что эти жители похожи на насъ, но даютъ полную волю своему воображенію также и въ вопросѣ о физическихъ и духовныхъ качествахъ жителей различныхъ планетъ. Мы оставимъ въ сторонѣ эти фантастическія изредки, какъ называетъ Келлеръ такія ни на чемъ не основанныя полеты фантазии, и будемъ довольны тѣмъ, что природой предоставлено намъ въ мировомъ пространствѣ мѣсто, одинаково удаленное отъ великихъ крайностей и отъ жажды Меркурія и отъ холода Нептуна, и если извѣстный древній философъ благодарилъ боговъ за то, что они были сотворены человекомъ, а не звѣремъ, и что они были рождены человекомъ, а не варваромъ, то мы будемъ также благодарны за то, что мы живемъ, если можно такъ выразиться, на средней, умѣренной и наиболее приспособленной къ нашей организаци планетѣ, и что вмѣстѣ того мы, европейцы, населяемъ умѣренную зону этой планеты и пользуемся многими благодѣяніями и безчисленными удовольствіями, о которыхъ жители Сибиріа и Ледовитого океана не имѣютъ никакого понятія и пользоваться которыми они считали бы для себя большимъ несчастіемъ, такъ какъ они не могли бы удовлетвориться тѣмъ, чѣмъ удовлетворимся мы.

## Г Л А В А XI.

### Л у н а.

§ 100. **Время обращенія луны около земли и ея разстояніе отъ этой послѣдней.** Послѣ солнца вниманіе первыхъ наблюдателей безъ сомнѣнія, уже съ незапамятныхъ временъ обращала на себя луна. Она освѣщаетъ наши ночи, она указываетъ путь путешественникамъ въ чуждыя страны и мореплавателямъ въ неизвѣстныхъ моряхъ луною мы между прочимъ пользуемся при нашемъ времячисленіи, ей мы обязаны суточными приливами и отливами океана, и, можетъ-быть, она оказываетъ нѣкоторое вліяніе на нашу погоду и на наше здоровье.

Нѣсколькихъ дней достаточно для того, чтобы замѣтить, что луна кромѣ суточного движенія около земной оси, которое она совершаетъ вмѣстѣ со всеми остальными свѣтилми и которое, какъ мы знаемъ, есть только видимое движеніе, обладаетъ еще собственнымъ движеніемъ и перемѣщается съ запада на востокъ среди неподвижныхъ звѣздъ приблизительно на 13' ежедневно. Точныя наблюденія надъ этимъ движеніемъ показыва-

что сидерическое время обращения луны около земли составляет 27,32167 средних солнечных суток. Троичическое время обращения (часть I, § 85) равняется 27,32159 суткамъ, а промежутокъ времени между двумя соединениями луны съ солнцемъ или, что то же самое, синодическое обращение (часть I, § 86) луны содержитъ 29,53059 сутокъ.

Луна движется около земли по эллиптической кривой, одинъ изъ фокусовъ которой совпадаетъ съ центромъ земли. Большая полуось лунной орбиты или среднее расстояние отъ луны до земли составляетъ 60,2778 земныхъ радиусовъ или 384420 километровъ; эксцентриситетъ этого эллипса равняется 0,05491 части большой полуоси или 21110 киломе-

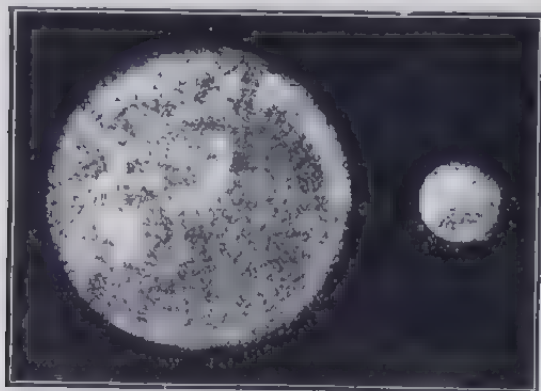


Рис. 156.

тельные размеры земли и луны даны на рисункѣ 156. \*

Луна находится къ землѣ ближе всякаго другого небеснаго тѣла, и расстояние отъ нея до земли можетъ быть измѣрено при помощи простѣйшихъ способовъ, упомянутыхъ въ главѣ о параллаксахъ (часть I, § 41) Врѣмя этого фазы луны, о которыхъ мы будемъ говорить въ слѣдующемъ параграфѣ, даютъ намъ въ руки весьма простое средство опредѣлять, по крайней мѣрѣ приближенно, отношеніе расстоянія отъ луны до земли къ расстоянію отъ земли до солнца (часть I, § 88).



Рис. 157.

о чемъ читатель можетъ судить на основаніи рисунка 157, на которомъ изображены видимые размеры луны, соответствующіе ея среднему и крайнимъ расстояніямъ отъ земли. \*

Движеніе луны по ея орбитѣ происходитъ съ большими неправильностями, которыя почти всѣ зависятъ отъ относительнаго расположенія луны и солнца и объясняются взаимнымъ дѣйствіемъ этихъ небесныхъ тѣлъ другъ на друга. Вслѣдствіи (часть III, главы V и VI) мы болѣе подробно остановимся на этомъ предметѣ; теперь же вкратцѣ упомянемъ только о двухъ неравенствахъ въ движеніи луны, зависящихъ отъ дѣйствія солнца.

Первое неравенство состоитъ въ томъ, что линія узловъ лунной орбиты, т-е линія взаимнаго пересѣченія плоскостей лунной орбиты и эклиптики перемѣщается по экли-

грамъ. При среднемъ удаленіи луны отъ земли горизонтальный параллаксъ ея (часть I, § 40) для мѣстъ, лежащихъ на земномъ экваторѣ, составляетъ 57', и въ этомъ случаѣ радиусъ луны, когда она находится около горизонта, усматривается подъ угломъ, равнымъ 15,6', откуда слѣдуетъ, что истинный радиусъ луны равняется 1741 километру. Слѣдовательно, діаметръ луны въ 3,69, а поверхность въ 13,60 и объемъ въ 50,15 разъ меньше діаметра, поверхности и объема земли. \* Сравни-

\* Такъ какъ при движеніи луны около земли постоянно мѣняется ея расстояние отъ послѣдней, то постоянно должны также мѣняться и видимые размеры луны. Впрочемъ вслѣдствіе незначительности эксцентриситета лунной орбиты эти измѣненія невелики,

ликъ обратнымъ движениемъ на  $19,34^\circ$  въ теченіе года. Въслѣдствіе этого луна снова достигаетъ того же самаго узла прежде, чѣмъ она совершитъ полный оборотъ около земли. Этотъ промежутокъ времени, равный 27,22122 суткамъ, называется драконическимъ мѣсяцемъ.

Другое неравенство имѣеть подобный же характеръ. Оно состоитъ въ томъ, что линія апсидъ (часть I, § 72) поворачивается прямымъ движениемъ на  $40,96^\circ$  въ годъ относительно линіи равноденствія, такъ что промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями луны черезъ перигей (часть I, § 72) длиннѣе, чѣмъ сидерическое обращеніе луны. Этотъ промежутокъ времени называется аномалистическимъ мѣсяцемъ, и продолжительность его составляетъ 27,55460 сутокъ.

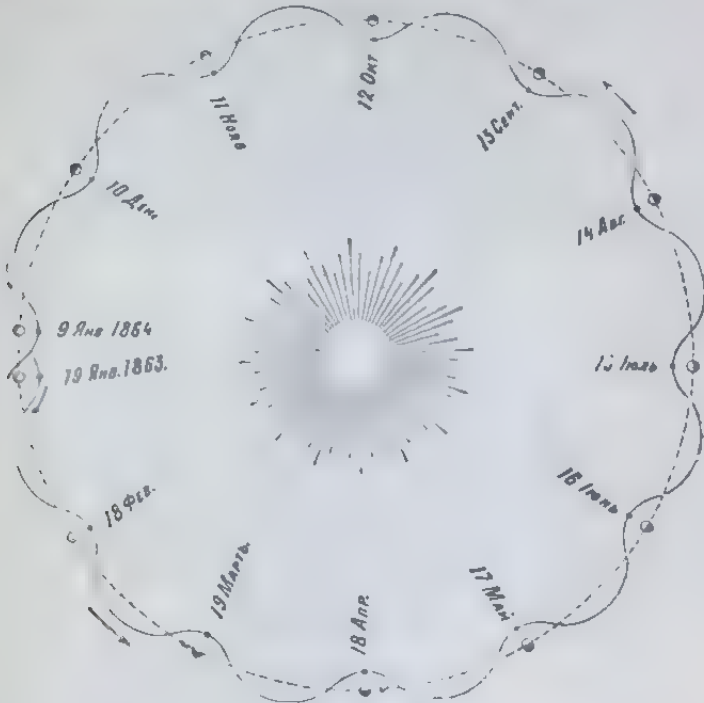


Рис. 158.

\* Выше мы сказали, что луна описываетъ около земли эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится земля. Впрочемъ только въ томъ случаѣ, если бы нашъ земной шаръ въ теченіе полного оборота луны около него оставался неподвижнымъ въ одной и той же точкѣ пространства, луна дѣйствительно двигалась бы по эллиптической кривой. Но такъ какъ земля сама перемѣщается вокругъ солнца, то въслѣдствіе такого двойного движенія форма лунной орбиты дѣлается весьма сложной. Именно, нетрудно убѣдиться, что луна описываетъ въ пространствѣ волнообразную кривую, изображенную на рис. 158. Пунктирная линія представляетъ орбиту земли. Каждое изъ отмѣченныхъ въ видѣ точекъ положеній луны на волнообразной кривой соответствуетъ моменту новолунія. \*

§ 101. **Фазы луны.** Наиболее бросающееся въ глаза явленіе, которое представляетъ намъ луна, это — постоянно мѣняющийся видъ ея освѣщенной части, или такъ называемыя фазы луны.

Обратимся къ рисунку 159. Въ центрѣ рисунка находится земля, вокругъ которой движется по своей орбитѣ луна. Наверху рисунка изображены лучи солнца, которое предполагается находящимся въ весьма большомъ разстояніи отъ земли. Если луна располагается между солнцемъ и землей, то она должна находиться въ томъ же самомъ мѣстѣ небесной сферы, гдѣ мы видимъ также солнце, и въ это время она какъ восходитъ, такъ

и заходить вместе съ солнцемъ. Это время называется новолуніемъ. Если мы допустимъ, что луна, подобно другимъ небеснымъ тѣламъ, имѣетъ форму шара, и что, кромѣ того, она не свѣтится собственнымъ свѣтомъ, а только посылаетъ намъ отраженный солнечный свѣтъ, то во время новолунія освѣщенное полушаріе луны, которое, конечно, всегда должно быть обращено къ солнцу, вместе съ тѣмъ будетъ обращено въ сторону, противоположную землѣ, и мы увидимъ только темную половину луны, или, иначе говоря, мы въ это время луны совершенно не увидимъ.

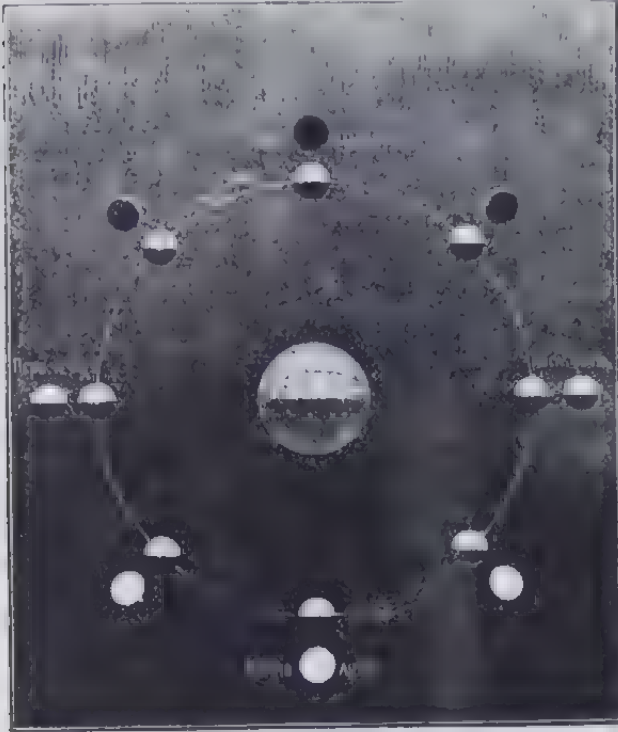


Рис. 159.

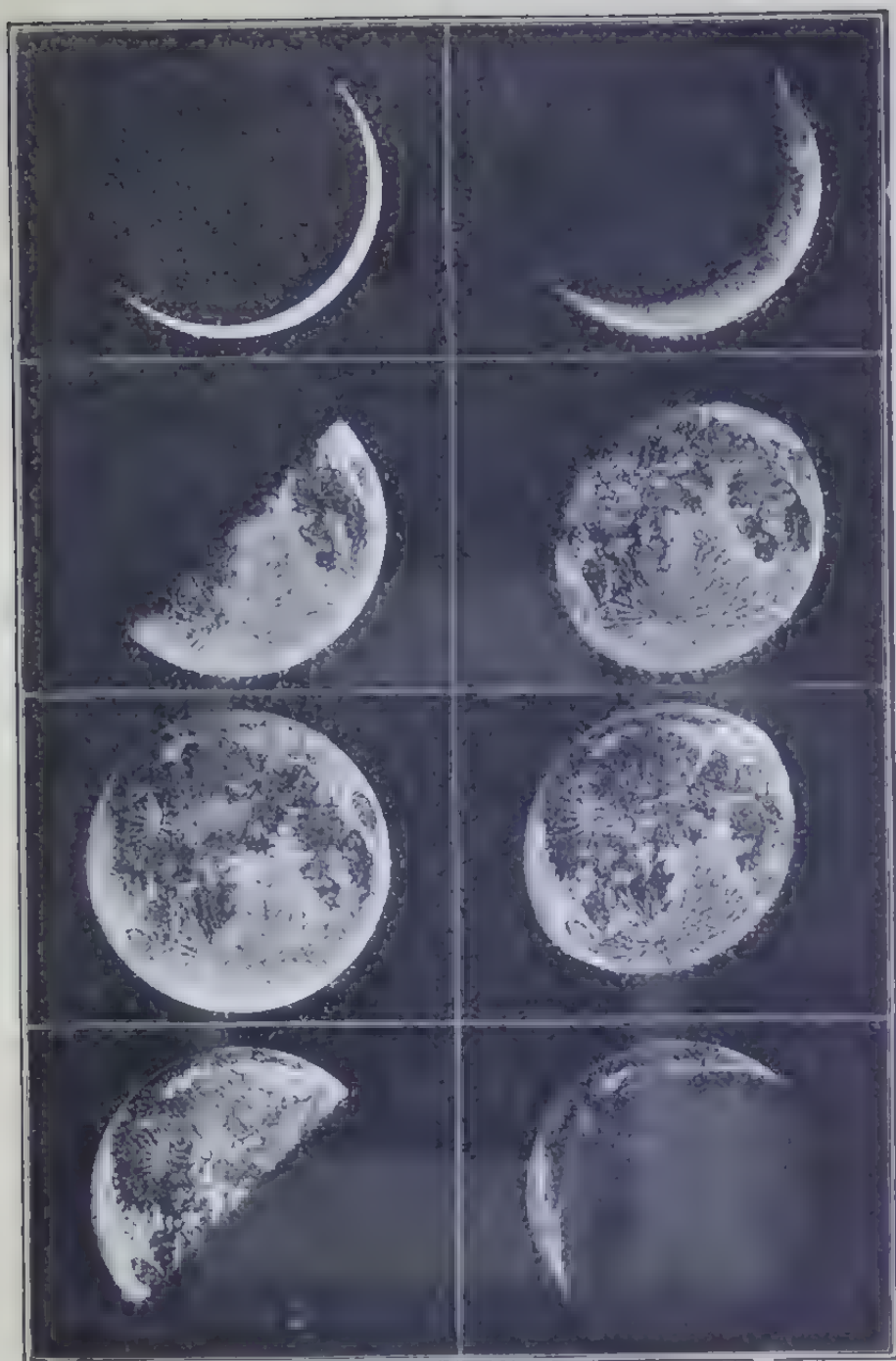
ствиваетъ намъ въ видѣ узкаго освѣщеннаго серпа, волнующая часть котораго обращена въ сторону, противоположную солнцу, или вѣсво, какъ это видно на рис. 158. Такъ какъ въ это время луна находится вѣсво солнца, то она восходитъ утромъ вѣсво, послѣ восхода солнца, а заходитъ вечеромъ вѣсво послѣ его захода.

Черезъ 7 1/4 дней послѣ новолунія луна въ своемъ синодическомъ обращеніи описываетъ четвертую часть своего пути и приходитъ въ положеніе, которое называется первой четвертью или первой четвертью. Въ этомъ положеніи къ землѣ обращена большая освѣщенная полушарія и половина неосвѣщенная, такъ что луна представляется намъ, находящемуся на землѣ, въ видѣ полукруга. Прямой серпъ, который можно было наблюдать вѣсво, послѣ новолунія, съ теченіемъ времени дѣлается все шире и шире, при этомъ то нутное пространство постепенно заливается свѣтомъ, пока наконецъ внутренняя кривая, состоящая изъ луны, не обратилась въ прямую, именно въ діаметръ луны. Во время первой четверти луны къ нашимъ севернымъ широтамъ имѣетъ видъ буквы *D*. Такъ какъ въ это время она находится на 90° къ востоку отъ солнца, то она восходитъ черезъ 6 часовъ послѣ солнца или приблизительно въ полдень, заходитъ же около полуночи и свѣтъ ея только освѣщаетъ только начало ночи, а послѣ полуночи дѣлается уже невидимой.

Черезъ 7 1/4 дни послѣ первой четверти луна приходитъ въ такое положеніе, при

Нѣсколько дней спустя послѣ новолунія мы видимъ луна, которая вначалѣ была тамъ же, гдѣ и солнце, уже значительно вѣсво или къ востоку отъ этого послѣдняго. Такъ какъ синодическое обращеніе луны составляетъ 29,5 дней, то въ 3,7 дней она, двигаясь по направленію, указанному на рис. 158 стрѣлкой, описываетъ восьмую часть своего пути около земли и приходитъ въ положеніе, называемое первымъ октантомъ. Въ этомъ положеніи луна неосвѣщенное ея полушаріе уже не будетъ дѣлкомъ обращено къ землѣ, но наблюдатель, находящийся на земномъ шарѣ, увидитъ также нѣкоторую, правда весьма небольшую, часть освѣщеннаго полушарія луны. Въ этомъ положеніи луна пред-





Ф А З Ы Л У Н Ы.

которомъ обращенное къ солнцу и следовательно освѣщенное полушаріе всецѣло обращено также и къ землѣ. Это положеніе луны называется полнолуниемъ, и въ это время наблюдателю, находящемуся на землѣ, луна представляется въ видѣ полнаго освѣщеннаго круга. Такъ какъ въ этомъ случаѣ луна занимаетъ на небѣ положеніе, прямо противоположное солнцу, или, что то же самое, находится въ противоположности съ солнцемъ, то она восходитъ въ моментъ захода солнца, а заходитъ въ моментъ его восхода. Такимъ образомъ во время полнолуныя луна бываетъ видима въ течение цѣлой ночи.

Послѣ этого, при дальнѣйшемъ движеніи луны по направленію, указанному на рис. 158 стрѣлкой, къ наблюдателю, находящемуся на землѣ, постепенно будетъ обращаться все большая и большая часть темнаго полушарія луны, причемъ теперь неосвѣщенная часть будетъ находиться съ правой стороны, и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока наконецъ къ землѣ не будетъ обращено ровно половина освѣщеннаго полушарія и половина неосвѣщеннаго. При этомъ положеніи, которое называется второй квадратурой или послѣдней четвертью, луна, какъ и во время первой четверти, представляется намъ въ видѣ полукруга, съ тою только разницею, что выпуклость въ этомъ случаѣ находится съ лѣвой стороны, между тѣмъ какъ во время первой четверти она находилась съ правой. Такъ какъ во время послѣдней четверти луна отстоитъ на 90° къ западу отъ солнца, то она восходитъ за шесть часовъ до его восхода или приблизительно въ полночь, а заходитъ въ полдень. Такимъ образомъ послѣ полнолуныя и первые четыре ночи остается безъ луннаго освѣщенія, между тѣмъ какъ до полнолуныя освѣщается именно начало ночи. По этому послѣ новолуныя мы видимъ луну все больше и больше въ течение вечернихъ часовъ на западной части неба, послѣ же полнолуныя мы видимъ ее на восточной сторонѣ неба все позже и позже сначала въ течение ночныхъ, а затѣмъ въ течение утреннихъ часовъ.

Послѣ послѣдней четверти при дальнѣйшемъ движеніи луны съ запада на востокъ, темная часть на восточномъ краѣ луннаго диска дѣлается все больше и больше, и освѣщенная лѣвая сторона этого диска принимается въ видѣ все болѣе и болѣе узкаго серпа, возгнутость котораго обращена въ этомъ случаѣ къ правой сторонѣ или къ западу, и въ нашихъ среднихъ широтахъ въ этомъ положеніи, которое называется послѣднимъ октантомъ, луна имѣетъ видъ буквы *C*, что читатель между прочимъ можетъ видѣть на рисункѣ 158. Чѣмъ больше приближается луна къ солнцу съ западной стороны, тѣмъ больше уменьшается ширина этого свѣтлаго серпа, и наконецъ тогда, когда луна находится въ той же части неба, гдѣ и солнце, этотъ серпъ совершенно исчезаетъ. Въ это время луна снова находится въ новолуныи и следовательно дѣлается невидимой, и съ этого момента начинается второй періодъ, въ теченіе котораго всѣ фазы луны повторяются въ томъ же порядкѣ, какъ и раньше. \* На прилагаемой при семъ таблицѣ представлено видѣ луны во время ея различныхъ послѣдовательныхъ фазъ. \*

Чтобы легче опредѣлить, въ какой фазѣ находится въ данный моментъ луна, слѣдуетъ только помнить, что древніе называли это свѣтло Luna fallens, такъ какъ луна при приращеніи имѣетъ видъ буквы *D* (decrescens) а при убыли видъ буквы *C* (crescens) °). Однако это дѣйствительно только для нашихъ сѣверныхъ широтъ, въ экваторъ же и по южнымъ широтамъ положеніе луннаго серпа относительно горизонта мѣняется настолько, что вышеприведенное mnemonicское правило болѣе не подходитъ. На это обстоятельство впервые обратилъ вниманіе во время своихъ путешествій Марко Поло, хотя вначалѣ ему не повѣрили, какъ это обыкновенно бываетъ вообще въ случаѣ новыхъ открытій.

Здѣсь вполовѣ умѣстно коснуться также вопроса, которымъ въ новѣйшее время

\* Проще имѣть въ виду французскія буквы *p* и *a* (premier et dernier), или русскія *p* и *д* (разъ и два).

нимались многие астрономы и между прочим Шмидль в Афинах, а именно вопроса о том, как скоро послѣ новолунія можетъ быть замѣченъ лунный серпъ. Появление новой луны имѣло весьма важное значеніе для иудеевъ, такъ какъ отъ этого зависѣло церковное начало ихъ мѣсяца. Поэтому уже съ весьма давнихъ временъ пробовали примѣнять астрономическія вычисления къ рѣшенію вышеупомянутого вопроса. Установленіе формулы, выведенной изъ наблюдений за мѣсяцемъ сотни лѣтъ, составляло цѣль, къ которой давно стремились іудейскіе ученые, и въ этомъ мы имѣемъ одинъ изъ древнѣйшихъ примѣровъ индуктивнаго метода. Результаты, къ которымъ пришли эти ученые, были собраны великимъ философомъ Маймонидомъ, и его сочиненіе, относящееся къ XII-му столѣтію, еще до сихъ поръ представляетъ самую обстоятельную работу по этому предмету. Однако изложенныя въ этомъ сочиненіи результаты годны для Палестины, которая по мѣстнымъ условіямъ существенно отличается отъ большинства европейскихъ странъ, и кромѣ того это сочиненіе, само собою разумѣется, обладаетъ многими недостатками, зависящими отъ еяхъ несовершенствъ, которыя были присущи тогдашней наукѣ о небѣ. Во всякомъ случаѣ этотъ вопросъ представляетъ огромный интересъ, въ особенности если имѣть въ виду видимость также и остальныхъ свѣтилъ во время сумерекъ; имѣеть съ тѣмъ необходимо замѣтить, что относящіяся сюда наблюденія доступны всякому любителю астрономіи.

§ 102 **Фазы земли, видимыя съ поверхности луны.** Нѣтъ необходимости говорить, что фазы луны и согласное съ наблюденіями ихъ объясненіе служатъ лучшимъ доказательствомъ принятаго выше предположенія, что луна имѣетъ форму шара и получаетъ свой свѣтъ отъ солнца. Но такъ какъ земля есть также темный шаръ, освѣщаемый солнцемъ, то для жителей луны, если таковыя существуютъ, земля тоже должна представляться въ различныхъ фазахъ, и это явленіе должно еще больше бросаться въ глаза, такъ какъ поверхность земли болѣе чѣмъ въ 13 разъ превосходитъ поверхность луны.

Когда луна находится въ новолуніи и потому невидима для насъ, земля, напротивъ того, представляется въ полномъ своемъ блескѣ въ видѣ цѣлаго круга, такъ какъ въ этомъ случаѣ освѣщаемое солнцемъ полушаріе земли всецѣло обращено къ лунѣ. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ жители обращеннаго къ землѣ полушарія луны увидятъ землю въ формѣ вполне освѣщеннаго диска. \* Эта картина изображена на приложенной при семъ таблицѣ. \* Во время же полнолунія земля бываетъ обращена къ лунѣ своею темною стороною: поэтому жители луны въ это время совсѣмъ не видятъ земли, совершенно такъ же, какъ мы не видимъ луны во время новолунія. Слѣдовательно, жителямъ луны земля представляется полной, когда у насъ имѣеть мѣсто новолуніе, и если можно такъ выразиться, — полой, когда у насъ имѣеть мѣсто полнолуніе. Совершенно также она имѣетъ представляется въ первой или послѣдней четверти, когда мы видимъ луну соответственно въ послѣдней или первой четверти. Такимъ образомъ, когда для насъ луна находится въ первой четверти жителямъ луны представляется освѣщенной зѣвая или восточная сторона земли, т. е. для нихъ имѣеть мѣсто такая же картина, какую мы видимъ во время послѣдней четверти, и наоборотъ.

Кромѣ фазъ земли, совершенно подобныхъ фазамъ луны, но только въ гораздо болѣешемъ масштабѣ, жители луны, если они обладаютъ такимъ же хорошимъ зрѣніемъ, какъ и мы, могли бы замѣтить на поверхности нашей землѣ материки и океаны, а также наиболѣе изъ острововъ и заливовъ, такъ какъ всѣ эти образованія земной поверхности отличаются другъ отъ друга не только своимъ цвѣтомъ, но также различной способностью отраженія солнечныхъ лучей. Такъ, въ полдень во время нашего новолунія, они должны видѣть Европу, Азію и Африку, и эти материки должны представляться имъ въ видѣ общей болѣе свѣлой массы, окруженной со всѣхъ сторонъ темнымъ пространствомъ. Черезъ 12-ти часовъ почти вся картина на огромномъ дискѣ земли должна для нихъ измѣ-



ВИДЪ ЗЕМЛИ СЪ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

ниться так называемый Старый Светъ исчезаетъ, и передъ нѣхъ глазами вмѣсто этого появляется Америка съ многочисленными островами Южнаго моря. Такимъ образомъ жители луны, и при томъ не одни только ученые, а все вообще, уже много тысячъ лѣтъ тому назадъ при первомъ взглядѣ на землю могли видѣть то, относительно чего наши географы и астрономы спорили долгое время. Напримѣръ, Америка была имъ известна задолго до Колумба, а Австраля задолго до Кука, и такъ поздно разрѣшенны у насъ вопросы о походахъ на сѣверный полюсъ или о большомъ материкѣ на южномъ полюсѣ у нихъ разрѣшены уже давно, такъ какъ съ луны, всяки, у кого есть глаза, видятъ какъ и на земныхъ материковъ приблизительно 30 разъ въ течение каждой мѣсяцъ. На большой погонѣ, о которомъ у насъ сохранились лишь темныя преданія, несмотря на то, что свидѣлемъ его быть, можетъ быть, весь существовавшій въ то время родъ человѣчески, они, безъ сомнѣнн, смотрѣли также спокойно, какъ въ настоящее время смотрятъ на походы нашихъ войскъ и на битвы, въ которыхъ наши братья, часто неизвѣстно зачѣмъ, въ течение одного часа совершаютъ тысячи убійствъ. Такой городъ, какъ Вѣна, имѣющій 15 километровъ въ поперечникѣ, для жителей луны представился бы подъ угломъ равнымъ  $8^\circ$ , что въ два раза превосходитъ уголъ, подъ которымъ мы усматриваемъ Урана. Вообще, на поверхности луны линія, длина которой составляетъ 1,82 километра, съ земли усматривается подъ угломъ, равнымъ одной секундѣ и потому предметы, по величинѣ равныхъ нашимъ домамъ или полямъ, мы на поверхности луны совершенно не можемъ различить. Красивое круглое пятно на лунѣ, известное подъ именемъ Платона и имѣющее 74 километра въ діаметрѣ, уже можетъ быть ясно видимо при помощи трубы, увеличивающей въ 10 разъ: оно усматривается подъ угломъ, равнымъ  $40''$ . При увеличенн въ 300 разъ при помощи хорошей трубы можно прекрасно видѣть на лунѣ такіе предметы, діаметръ которыхъ составляетъ 3 километра и которые, слѣдовательно, усматриваются подъ угломъ, равнымъ  $1\frac{3}{4}''$ . Поэтому, по видимому, не можетъ быть никакого сомнѣнн въ томъ, что жители луны, если только они обладаютъ такимъ же зрѣніемъ, какъ и мы, могутъ видѣть наши большіе города, рѣки и т. п., и, можетъ быть, они уже имѣютъ въ своемъ распоряженн въ общемъ весьма вѣрныя карты нашей земли.

§ 103. **Пепельный свѣтъ луны.** Незадолго до и вскорѣ послѣ новолунія, когда луна имѣетъ видъ тонкаго серпа, человѣку, обладающему хорошимъ зрѣніемъ, въ особенности если для этого воспользоваться зрительной трубой, также и обаяльная темная часть луны представляется свѣтлѣею весьма слабомъ свѣтомъ (рис. 160), причемъ этотъ свѣтъ гѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе къ квадратурѣ находится луна. Этотъ свѣтъ благодаря его окраскѣ называется пепельнымъ свѣтомъ луны (шпегельсифт). Причина этого явленія долгое время была неизвѣстна, правильное объясненіе ему дали Леонардо-да-Винчи и позже Местлинъ, учитель Кеплера. Именно, во время новолунія согласно съ вышесказаннымъ освѣщенное солнцемъ полушаріе земли всецѣло обращено въ сторону темнаго полушарія луны, и такъ какъ поверхность земли, какъ уже было упомянуто, приблизительно въ 13 разъ превосходитъ поверхность луны, то этотъ большой освѣщенный дискъ земли отбрасываетъ такое значительное количество свѣта въ темную поверхность луны, что она дѣлается для насъ видимой, если только луна не находится слишкомъ близко къ солнцу. Такимъ образомъ этотъ свѣтъ земли, освѣщающій луну, мы получаемъ, такъ сказать, въ третьихъ рукъ, такъ какъ



Рис. 160.

онъ, выйдя первоначально изъ солнца, падаетъ на землю, отъ этой последней отражается по направлению къ лунѣ и, наконецъ, отъ луны снова отрабсывается на землю.

§ 104. **Меридіональныя высоты луны во время полнолунія лѣтомъ и зимой.** Здѣсь вполнѣ уместно указать еще на одно особенное свойство луны, которое, по своей простотѣ, должно броситься въ глаза всякому мало-мальски внимательному наблюдателю. Если бы орбита луны лежала въ точности въ плоскости эклиптики, то луна во время своей кульминаціи никогда не занимала бы на небѣ положенія болѣе высокаго, чѣмъ положеніе солнца въ полдень лѣтомъ, и болѣе низкаго, чѣмъ положеніе солнца въ полдень зимой. Однако орбита луны наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ, равнымъ  $5^{\circ}9'$ , и узлы лунной орбиты приблизительно въ 19 лѣтъ описываютъ полный кругъ по эклиптикѣ (§ 100). Очевидно слѣдуетъ, что самое высокое и самое низкое положенія луны въ меридіанъ могутъ отличаться отъ самаго высокаго и самаго низкаго положенія солнца въ полдень также на  $5^{\circ}9'$ . И такъ какъ сѣверное или южное склоненіе солнца никогда не можетъ быть болѣе  $23^{\circ}28'$ , то наибольшее склоненіе луны иногда можетъ доходить до  $28^{\circ}37'$ , иногда же оно бываетъ равнымъ только  $18^{\circ}19'$ . Однако эти пять градусовъ вообще могутъ быть даже незамѣчены глазами, не занимающимися специально астрономіей, и поэтому для простоты мы можемъ принять, что плоскость орбиты луны совпадаетъ съ плоскостью эклиптики. Но во всякомъ случаѣ всякому должно броситься въ глаза, что луна во время полнолунія при прохоженіи черезъ меридіанъ зимой находится всегда весьма высоко надъ горизонтомъ, а лѣтомъ, наоборотъ, весьма низко. Это съ перваго взгляда бросающееся въ глаза явленіе объясняется весьма легко на основаніи простаго замѣчанія, что луна во время полнолунія занимаетъ на небѣ положеніе прямо противоположное солнцу, и что слѣдовательно зимой во время полнолунія она находится въ той части эклиптики, въ которой лѣтомъ мы видимъ солнце, и такъ какъ эта часть эклиптики занимаетъ наивысшее мѣсто надъ плоскостью экватора, то въ это время луна также должна находиться весьма высоко надъ плоскостью экватора, и слѣдовательно также и надъ плоскостью горизонта. Лѣтомъ же во время полнолунія имѣетъ мѣсто прямо противоположное явленіе. Въ Визьѣ, напримеръ, наибольшая высота солнца лѣтомъ составляетъ  $65^{\circ}16'$ , а наименьшая зимой  $18^{\circ}20'$ . Слѣдовательно также и меридіональная высота луны во время полнолунія зимой достигаетъ  $65^{\circ}16'$ , а лѣтомъ только  $18^{\circ}20'$ , а вследствие того, что орбита луны наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ, равнымъ  $5^{\circ}9'$ , первая изъ только-что упомянутыхъ высотъ можетъ увеличиться до  $70^{\circ}25'$ , а вторая можетъ уменьшиться до  $13^{\circ}11'$ , и такая большая разность, превосходящая  $57^{\circ}$ , должна броситься въ глаза даже самому поверхностному наблюдателю.

§ 105. **Вращеніе луны около оси.** Что касается приведенныхъ выше (§ 100) времени обращенія луны около земли, которая называется также лунными мѣсяцами, то по аналогіи съ движеніемъ земли, можно считать, что они относятся къ годовому движенію луны, и въ такомъ случаѣ, вращеніе луны около оси можетъ быть названо, какъ и для земли, **суточнымъ ея движеніемъ.**

Для земли годовое движеніе весьма отлично отъ суточного, такъ какъ продолжительность перваго крупнѣе числомъ въ 365 разъ болѣе продолжительности втораго. Совершенно иначе обстоятъ дѣла относительно луны, для которой время обращенія около земли и время вращенія около оси одинаковы.

Если мы будемъ болѣе внимательно разсматривать поверхность луны, покрытую, какъ вѣроятно осмѣлимъ числомъ пятенъ, то мы замѣнимъ, что эти пятна всегда занимаютъ одно и то же положеніе на лунномъ дискѣ, или, другими словами, что луна всегда обращена къ намъ одною и тою же стороною. И дѣйствительно, еще ни одинъ наблюдатель еще не видѣлъ другой стороны луны, которая обращена въ сторону, обратную отъ насъ, и которая вѣчно будетъ занимать такое положеніе относи-

тельно нашей планеты, как будто луна неизменно соединена съ землей штангой, проходящей через центры обеих тѣлъ, и какъ будто на этой штангѣ она каждый мѣсяць описываетъ полный кругъ около земли.

Эта особенность въ движеніи луны послужила поводомъ къ продолжительному и сильному спору между учеными Ньютона, описывая это явленіе первый выразился слѣдующимъ образомъ: «Луна обращена къ намъ постоянно одною и тою же стороною, следовательно, она вращается около оси»; до него же астрономы, наоборотъ, дѣлали такое заключеніе: «Луна обращена къ намъ постоянно одною и тою же стороною, следовательно она не вращается около оси».

Не останавливаясь болѣе подробно на исторіи этого спора, мы замѣтимъ только, что къ концѣ концовъ дѣло сводится къ спору относительно словъ, и что, смотря по тому, какой смыслъ мы будемъ придавать слову «вращается», мы одинаково можемъ сказать «луна вращается» или «луна не вращается», совершенно подобно тому, какъ относительно стола, на которомъ мы сидимъ, мы совершенно съ одинаковымъ правомъ можемъ сказать, что онъ движется, или что онъ не движется. Онъ не движется, такъ какъ онъ не мѣняетъ своего положенія относительно ближайшихъ окружающихъ его предметовъ, напр. относительно стѣнъ комнаты; но, съ другой стороны, онъ движется, такъ какъ онъ находится на землѣ, которая какъ всякая планета, совершаетъ движеніе около солнца и, кромѣ того, еще вращается около своей оси, и съ которой поэтому тоже онъ двигается также и столъ.

Въ случаѣ луны неторазумнѣе происходить вѣдѣніе того, что мы разсматриваемъ ее съ земли, которая служитъ центромъ ея движенія. Но если мы представимъ себѣ, что глазъ наблюдателя помѣщенъ за предѣлами лунной орбиты — напр., на солнцѣ, то онъ во время нашего новолунія (рис. 159) увидитъ ту сторону луны, которая для насъ остается постоянно скрытой, во время же полнолунія, наоборотъ, ту, которая обращена къ землѣ, и которую, следовательно, мы видимъ всегда. Поэтому для такого наблюдателя не будетъ подлежать никакому сомнѣнію, что луна дѣйствительно вращается около оси, и что при этомъ полный оборотъ она совершаетъ въ такое же время, въ какое она описываетъ полный кругъ около земли, или, иначе говоря, что для луны времена вращенія около оси и обращенія около земли равны между собою, или, еще иначе, что ея годъ равенъ ея суткамъ.

§ 106. **Времена года и смѣна дней и ночей на лунѣ.** Характеръ времени года на какой-нибудь планетѣ зависитъ, какъ мы знаемъ (ч. 1 § 37), отъ угла, соответствующаго плоскости экватора планеты и плоскости ея орбиты, или, по спеціальному выраженію, отъ наклонности эклиптики, и чѣмъ меньше эта наклонность, тѣмъ меньше отличаются другъ отъ друга времена года. Плоскость орбиты, описываемой луною около земли, наклонена къ плоскости экватора этого спутника почти небольшимъ угломъ, равнымъ только  $6,6^\circ$ . Между обоими этими плоскостями расположена плоскость земной орбиты или иначе говоря, плоскость эклиптики, такъ что эта послѣдняя составляетъ съ плоскостью лунной орбиты уголъ, равный  $5,1^\circ$ . Но такъ какъ линия пересѣченія лунной орбиты съ эклиптикой или линия узловъ лунной орбиты въ 19 дѣтъ описываетъ полный кругъ около земли (§ 100), то одна и та же половина лунной орбиты въ течение  $9\frac{1}{2}$  дѣтъ лежитъ надъ эклиптикой, а въ течение другихъ  $9\frac{1}{2}$  дѣтъ подъ эклиптикой, такъ что вообще можно сказать, что лунная орбита совпадаетъ съ эклиптикою и потому съ луннымъ экваторомъ составляетъ весьма малый уголъ, равный  $1,5^\circ$ . Но этой причинѣ на лунѣ почти не существуетъ никакой разницы между временами года, и жители луны, пока они не мѣняютъ своего мѣстополющенія на поверхности луны, видятъ полуденное солнце всегда, и лѣтомъ, и зимой, почти на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ, а вмѣстѣ, жители экватора — въ землѣ, жители же полярныхъ странъ — вблизи горизонта, такъ что на экваторѣ, следовательно, господствуетъ вѣчно лѣто, около полюсовъ — вѣчная зима, а въ промежуткѣ

ных странах имѣть мѣсто непрерывная весна. Точно также и дни на лунѣ не бываютъ лѣтомъ длиннѣе, а зимою короче, какъ у насъ на землѣ, но постоянно по своей продолжительности почти въ точности равны ночамъ. Мѣсяцъ же, подобныхъ нашимъ полярнымъ странамъ, гдѣ солнце лѣтомъ въ теченіе долгаго времени остается надъ горизонтомъ, а зимою, напротивъ, подъ горизонтомъ, на лунѣ совѣшь нѣтъ.

Но не только по характеру времени года луна отлична отъ земли; на ней также и смена дней и ночей происходитъ совершенно инымъ образомъ, чѣмъ на нашей планетѣ. Если мы, согласно съ обычнымъ способомъ выраженія, сутками назовемъ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными восходами солнца, то продолжительность сутокъ на лунѣ несравненно больше, чѣмъ на землѣ. Продолжительность сутокъ на лунѣ это промежутокъ времени между двумя послѣдовательными новолуніями, и, слѣдовательно, тамъ сутки равняются  $29\frac{1}{2}$  нашимъ суткамъ. Для жителей луны солнце непрерывно въ теченіе  $14\frac{3}{4}$  нашихъ сутокъ остается надъ горизонтомъ и въ теченіе такого же промежутка времени подъ горизонтомъ, или, другими словами, день на лунѣ продолжается  $24\frac{1}{2} = 14\frac{3}{4} \times 354$  нашихъ часовъ, и такъ же длинна на нашемъ спутникѣ ночь.

Вѣдѣтвіе только-что описанныхъ условій климатъ въ различныхъ частяхъ поверхности луны представляетъ еще гораздо болѣе рѣзкіе контрасты, чѣмъ у насъ на землѣ. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ на землѣ страны, лежащія вблизи полюсовъ, значительно нагрѣваются въ теченіе лѣта, и, въ свою очередь, страны жаркаго пояса нѣсколько охлаждаются во время солнцестоянія, благодаря наклонному паденію солнечныхъ лучей. Совершенно инымъ явленіемъ имѣютъ мѣсто на лунѣ, гдѣ въ полярныхъ странахъ солнце находится постоянно вблизи горизонта, а въ экваториальныхъ — въ зенитѣ, и гдѣ, слѣдовательно, какъ лѣто, такъ и зима неизмѣнно связаны съ опредѣленными зонами лунной поверхности.

Такъ какъ продолжительность дня на лунѣ, согласно съ вышесказаннымъ, составляетъ приблизительно 15 нашихъ дней, то слѣдств. Гершелемъ, вообще принимали, что подъ такимъ продолжительнымъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей по крайней мѣрѣ экваториальныя страны нагрѣваются до температуры, превосходящей температуру кипящей воды, и, можетъ быть, даже болѣе чѣмъ до  $200^{\circ}$  по столбцусному термометру. Но вопреки этому Ланглей на основаніи своихъ трехлѣтнихъ (1884—1887) весьма тщательныхъ изслѣдованій пришелъ къ заключенію, что нагрѣваніе лунной поверхности солнцемъ, самое большое, можетъ достигъ  $50^{\circ}$  по столбцусному термометру, и что оно даже, во всей вѣроятности, значительно ниже. Имѣя съ гѣмъ оны наблюдая, что тепловой спектр неосвѣщеннаго полушарія луны тождественъ съ тепловымъ спектромъ неба вдали отъ луны, и этимъ оны подтвердили результатъ, полученный Карломъ Росссе, а именно, что луна въ настоящее время вовсе не обладаетъ собственной теплотой, и что ея излученіе обусловлено стѣя исключительно поглощенной солнечной теплотой. Далѣе Ланглей объявляеть, что количество теплоты, отражаемой лунной составляетъ немного болѣе чѣмъ одну седьмую часть всей излучаемой ею теплоты, откуда вытекаетъ, что изъ всѣхъ тепловыхъ солнечныхъ лучей которымъ луна исключительно обязана своей температурой, только весьма незначительная часть отражается ею непосредственно, большая же часть нѣя поглощается поверхностью луны. Несмотря на это, по изслѣдованіямъ Росссе, количество теплоты, послѣднее намъ полной луной, относится къ количеству теплоты, получаемой нами отъ солнца какъ 1 къ 82600. Весьма близкая къ этой величина получается для теплового излученія луны также по изслѣдованіямъ Маріа-Девя.

Весьма интересное наблюденіе произвелъ Ланглей во время луннаго затмѣнія 23 сентября 1885 года. При приближеніи полутѣни его инструменты показали значительное уменьшеніе теплотого излученія раньше, чѣмъ глазъ могъ замѣтить какіе-либо слѣды тѣни на лунномъ дискѣ. По мѣрѣ наступленія затмѣнія количество излучаемой теплоты быстро



уменьшалось, послѣ же окончанія полной фазы оно почти такъ же быстро стало увеличиваться. Измѣненіе температуры луны въ течение нѣсколькихъ часовъ, пока продолжалось затмѣніе, было, согласно съ наблюденіями, настолько огромнымъ, что оно должно было преизойти измѣненіе при переходѣ отъ мнѣишища жаркаго поелъ къ лѣтѣишищу холоду нашей арктической зимы. Какъ же низко въ такомъ случаѣ должна падать на лунѣ температура во время длинныхъ ночей, имѣющихъ мѣсто на этомъ небесномъ тѣлѣ!

§ 107. **Лунная атмосфера и вода на лунѣ** Обращенное къ намъ полушаріе луны или совершенно лишено какой-бы то ни было атмосферы, или же, если и обладаетъ, то весьма разрѣженной и при томъ простирающейся лишь на незначительное пространство. На поверхности луны свѣтъ всегда весьма рѣзко отдѣляется отъ тѣни, и переходъ отъ яркаго свѣта одной части луны къ глубочайшему мраку другой происходитъ не постепенно, а сразу другими словами, мы не замѣчаемъ на лунѣ никакой намѣки на сумерки, что во всякомъ случаѣ говорить въ пользу атмосферы, пропускающей свѣтъ почти безъ всякаго ослабленія и вовсе не отражающей его. Къ тому же самому заключенію мы приходимъ на основаніи наблюденій покрытій неподвижныхъ звѣзд лунной, эти наблюденія показываютъ, что звѣзды безъ всякаго ослабленія яркости доходятъ до луннаго края и затѣмъ внезапно исчезаютъ за луннымъ краемъ. Это означаетъ, что ближайше къ лунѣ и потому наиболѣе плотные слои ея атмосферы, если такая вообще существуетъ, настолько прозрачны, что они даже не могутъ быть сравниваемы съ подобными же слоями нашей земной атмосферы. Лунная атмосфера не только должна быть весьма прозрачной, но кромѣ того должна обладать очень незначительной плотностью. Въ самомъ тѣлѣ, если бы это было иначе, то наблюдаемая продолжительность покрытій какой-нибудь звѣзды лунной значительно отличалась бы отъ вычисленной вследствие преломленія, которое лучи свѣта, идущіе отъ звѣзды, испытывали бы въ лунной атмосферѣ въ дѣйствительности же такого отклоненія свѣтовыхъ лучей не издается. Поэтому слѣдуетъ попытаться инымъ образомъ объяснить явленіе, на которое часто указывали какъ на доказательство существованія атмосферы у луны и которое состоитъ въ томъ, что иногда злитя за луннымъ краемъ представлялась находящаяся на еретіи дискомъ луны. Для объясненія этого явленія, Эр и принимаютъ, что благодаря сильному напряженію нашего вниманія во время наблюденій темныи край луны вследствие иррадиации (часть I, § 112) кажется намъ больше своихъ дѣйствительныхъ размѣровъ. Еще другое доказательство разрѣженности лунной атмосферы до мнѣнія Ж. Лесселя заключается въ томъ, что во время солнечныхъ затмѣній грануляція солнца около луннаго края не претерпѣваетъ никакихъ измѣненій. Наконецъ, воззрѣніе Арзго и Декуниаса, состоящее въ томъ, что атмосфера луны лишь весьма немногимъ возвышается надъ лунной поверхностью, и что во многихъ пунктахъ этой послѣдней также рельефъ мѣстности превышаетъ атмосферу, въ новѣйшее время нашло себѣ убѣжденнаго защитника въ лицѣ Дарвина.

Но гдѣ нѣтъ совсемъ атмосферы или гдѣ имѣется лишь крайне разрѣженная и весьма прозрачная атмосфера, тамъ нельзя допустить присутствія воды или какой-нибудь подобной жидкости. Если бы наша земля лишалась своей атмосферы, то рѣки и моря въ короткое время испарились бы, и вся поверхность земли засохла бы. И дѣйствительно, на поверхности луны мы не можемъ замѣтить ничего подобнаго нашимъ земнымъ водоемамъ. Большия сѣрые пятна на лунѣ, которыя иныиетны пощ названіемъ морей, болыи маловыкихъ возвышенностей и углубленій и никоимъ образомъ не могутъ быть сравниваемы съ нашими озерами и морями.

Сдѣлать заключеніе объ отсутствіи въ настоящее время какой бы то ни было жидкости на лунѣ мы можемъ даже на основаніи одного только вида лунной поверхности, такъ какъ сразу бросается въ глаза отсутствіе на ней образованийъ, похожихъ на облака. Подобно сухому слитку гилса или сѣры съ безчисленными пузырьками и впадинами, лунная

представляется нам покрытой горами и долинами, которая свидетельствует о больших и сильных переломках, имевших место на ней в древня времена. На луну, едва ли мы можем найти следы каких-либо явлений в родъ наших земных урагановъ, бурь и наводнений. Но не смотря на это, весьма невероятно, чтобы это небесное тело всегда и въ прежнія времена было лишено атмосферы. Большие перевороты, имевшие место на поверхности луны въ древня времена, заставляютъ насъ предполагать, что тогда тамъ существовалъ огонь, а это, въ свою очередь, приводитъ къ заключению, что въ прежнія времена на луну существовала атмосфера, безъ которой, по крайней мѣрѣ у насъ на земл. вовсе не можетъ возникнуть огонь. Поэтому не только возможно, но даже весьма вероятно, что это небесное тело на которомъ теперь нѣтъ ни воздуха, ни вода, по крайней мѣрѣ въ томъ смыслѣ, какой мы придаемъ этимъ словамъ, вследствие своего сравнительно небольшого объема уже давно прошло черезъ периоды охлаждения и теперь состоитъ только изъ сухихъ толстыхъ скалъ, на которыхъ нѣтъ ни растительности, ни жизни, ни движения, но царитъ вѣчный покой и пробная тишина. Такимъ образомъ луна, по видимому, уже отжила свой вѣкъ и какъ негодный шлакъ выброшена изъ ряда обитаемыхъ міровъ.

§ 108. **Какой видъ имѣетъ небо съ поверхности луны.** Если бы мы могли перенестись на луну и оттуда стали бы наблюдать небо, то среди всѣхъ небесныхъ тѣлъ, очевидно совершающихъ свои движенія по небесной сферѣ мы замѣтили бы одно, которое не принимаетъ никакого участія въ этомъ всеобщемъ движеніи и, по видимому, находится въ абсолютномъ покое. Это небесное тело, вѣднее размѣры котораго превосходятъ размѣры всѣхъ остальныхъ тѣлъ и даже самого солнца, есть ни что иное, какъ наша земля. Такъ какъ луна описываетъ полный кругъ около земли въ такое же время, въ какое она совершаетъ полный оборотъ около своей оси, и такъ какъ всякая точка лунной поверхности, въ данную моментъ обращенная къ землѣ, и всегда остается обращенной къ землѣ, какъ будто луна неизмѣнно соединена съ землей твердой связью какъ это мы уже говорили выше (§ 105), то отсюда вытекаетъ, что жители луны, пока они не мѣняютъ своего местоположенія на ея поверхности, наша земля должна представлять имъ неподвижно стоящую на небѣ постоянно въ одномъ и томъ же расцѣпѣ отъ ихъ зенита. Жители центральныхъ частей обращеннаго къ намъ полушарья луны усматриваютъ землю постоянно въ зенитѣ жители странъ, лежащихъ около края луннаго диска, усматриваютъ землю постоянно вблизи горизонта, наконецъ, жители протъ излучинныхъ стрѣвъ усматриваютъ землю въ теченіи вѣдъа года постоянно на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ, и эта высота тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе къ центру луннаго диска лежать данное мѣсто. Солнце, планеты и всѣ остальные свѣтила для любой точки лунной полархности восходятъ и заходятъ по одному разу въ теченіи кажныхъ 14 или 15 лунныхъ дней наша же земля никогда не восходитъ и не заходитъ. Видимыя размѣры земли, усматриваемой съ луны, въ 13 разъ болѣе видимыхъ размѣровъ луны усматриваемой съ земл, а это есть то огромное пространство постоянно занимаетъ на небѣ одно и то же неизмѣнное место с. между тѣмъ какъ всѣ остальные свѣтила и даже само солнце въ теченіи 29  $\frac{1}{2}$  лунныхъ сутокъ описываютъ полные круги около этого диска и ежедневно видимымъ образомъ удаляются отъ него на 13 къ западу. Какое удивительное зрѣлище представляеть оно для жителей луны! Нѣтъ никакого сомнѣнія, что ученые луны весьма остроумно обратили бы на это явление бросающуюся въ глаза абсолютную неподвижность одного небеснаго тѣла да еще превосхитннато по своей величинѣ, всѣ остальные, его инертностью, въ высшей степени согласующейся съ его размѣрами. И кто возьметъ на себя смѣлость упрекать разномыслящихъ людей если они есть или были на лунѣ, если бы они оказывали божеския почести этому огромному свѣтилѣ съ его обращающимися на себя вниманіе фазми свѣтилѣ, оторо въ вѣдъа покоѣ сидѣть на своемъ неподвижномъ тронѣ, между

тѣмъ какъ всѣ остальные небесныя тѣла благотворно движутся около него по предначиненнымъ имъ путямъ!

Однако этимъ великолѣпнымъ зрѣлищемъ могли бы наслаждаться только тѣ жители луны, которые находятся на переднемъ, обращенномъ къ землѣ полушарии луны. Остальные же жители луны совершенно не знакомы съ этою картиною, такъ какъ обитаемое ими полушарие вѣчно обращено въ сторону, противоположную землѣ, и потому они никогда не могутъ видѣть этой послѣдней. Поэтому они не имѣютъ никакого представления о томъ прекрасномъ зрѣлищѣ, которымъ ежедневно или даже ежедневно наслаждаются ихъ сосѣди, живущие на другомъ полушарии, если только они не получаютъ иногда свѣдѣній объ этихъ чудесахъ отъ путешественниковъ, прибывающихъ къ нимъ изъ тѣхъ странъ. Съ какимъ удивленіемъ должны они слушать ихъ рассказы, и съ какимъ благотворнымъ, надо думать, предпринимаваютъ они большими караванами путешествія въ эти счастливыя мѣста, съ тѣмъ чтобы полюбиться такими чудесами незнакомаго имъ неба!

Впрочемъ счастливые жители обращеннаго къ намъ полушарія луны имѣютъ еще и другія немаловажныя преимущества передъ своими сосѣдями, живущими на другомъ полушарии. Выше (§ 102) мы видѣли, что земля, усматриваемая съ луны, представляется въ различныхъ фазахъ, совершенно подобныхъ тѣмъ, въ которыхъ намъ, жителямъ земли, представляется луна, и что, следовательно, жители луны видятъ огромный дискъ земли то въ видѣ полнаго круга, то въ видѣ полукруга, обращеннаго вышшею частью одинъ разъ вправо, другой разъ влѣво, то, наконецъ, совсемъ его не видятъ. Эти четыре фазы земли, безъ сомнѣнія, дадутъ въ руки жителямъ луны весьма удобное средство для подраздѣленія ихъ длиннаго дня, совершенно такъ же, какъ мы фазы луны пользуемся для подраздѣленія нашего года на мѣсяцы и недѣли. Кромѣ этого раздѣленія ихъ сутокъ или, что въ данномъ случаѣ то же самое, ихъ года на четыре равныя части, они для болѣе мелкихъ подраздѣленій могутъ пользоваться, какъ самими точными часами, большими пятнами, черезъ правильные промежутки времени появляющимися на поверхности земли и затѣмъ снова исчезающими. Кромѣ того, жители обращеннаго къ намъ полушарія луны пользуются еще тою выгодою, что ихъ ночи освѣщаются землей, и это освѣщеніе въ 13 разъ сильнѣе, чѣмъ освѣщеніе земли луною, находящеюся въ соотвѣтственной фазѣ. Поэтому скорѣе можно было бы сказать, что земля вмѣстѣ цѣлю освѣщаетъ длинныя ночи обращеннаго къ намъ полушарія луны, а не наоборотъ, хотя, по крайней мѣрѣ въ болѣе древнія времена, неоднократно утверждали, что луна служитъ для освѣщенія ночей у насъ на землѣ. Если бы дѣйствительно таково было назначеніе луны, то въ моментъ прохода ея она должна была бы находиться въ полудни и, следовательно, имѣть положеніе прямо противоположное солнцу, и ея разстояніе должно было бы составлять приблизительно одну сотую часть разстоянія отъ солнца до земли \*). Дѣйствительно, въ такомъ случаѣ луна и всегда осталась бы въ полудни, и только затмѣнія иногда могли бы скрывать ее отъ насъ. Но такъ какъ въ настоящее время едва половина нашихъ ночей освѣщается луною, то мы такимъ образомъ не можемъ считать единственнымъ назначеніемъ луны освѣщеніе нашей земли по ночамъ. Кромѣ того, въ такомъ случаѣ ея поверхность должна была бы быть въ 16 разъ больше, чѣмъ въ дѣйствительности, чтобы съ упомянутою выше разстоянія, приблизительно въ четыре

\* Известно, что среднее разстояніе отъ спутника до центральной планеты находится въ определенной зависимости отъ времени его обращенія около этой планеты (часть I, § 77). Въ данномъ случаѣ для луны задала ея дѣлѣ и къ определенно такому разстоянію, при которомъ бы при движеніи луны около земли и одновременномъ движеніи земли около солнца земля постоянно находилась между солнцемъ и луною. Также разст. иное и оказывается равнымъ одной сотой части разстоянія отъ солнца до земли.

раза большаго чѣмъ истинное, отбрасывать на землю столько же свѣта, сколько они отбрасываютъ и въ настоящее время.

§ 109 **Передняя и задняя стороны луны.** Замѣчательное явленіе, состоящее въ томъ, что луна совершаетъ полный оборотъ около оси въ точности въ то же самое время, въ которое она описываетъ полный кругъ около земли, имѣетъ мѣсто, по всей вѣроятности, и для нѣкоторыхъ другихъ спутниковъ нашей солнечной системы и находитъ себѣ объясненіе въ весьма значительныхъ приливахъ, имѣвшихъ мѣсто подѣ дѣйствіемъ притягательной силы главной планеты еще до образования твердой коры у спутника, причемъ приливныя волны постепенно замедляли вращательное движеніе до тѣхъ поръ, пока наконецъ, не изступило полное равенство времени обращения спутника около центральной планеты и вращения около оси. Высота этихъ приливныхъ волнъ, подѣ дѣйствіемъ которыхъ при замедленіи вращения естественно должно было въ концѣ концовъ образоваться воздушная экваторъ ит. общ. иномъ къ главной планетѣ полушаріи, находится въ тѣсной связи съ сжатіемъ, обусловливаемымъ вращеніемъ, и для нашей луны составляетъ по оцѣнкѣ Матиссена приблизительно 120 метровъ, что между прочимъ согласуется съ результатомъ, полученнымъ Г. Бриенжеромъ, давшимъ для этой высоты величину лишь немного меньшую, чѣмъ только-что приведенная.

Главнѣйш., превосходныя изслѣдованія котораго представляютъ въ настоящее время весьма прочный фундаментъ нашихъ знаній о движеніяхъ луны, на основаніи тщательной обработки наблюденій, пришелъ къ заключенію, что для луны центръ фигуры лежитъ на 59 километровъ или приблизительно на 8 географическихъ миль ближе къ землѣ чѣмъ центръ тяжести. Вдѣствие этого между обращеннымъ къ намъ полушаріемъ луны и тѣмъ, которое обращено въ сторону, противоположную землѣ, можетъ существовать значительное различіе въ климатѣ и во многихъ другихъ отношеніяхъ. Такъ какъ этой односторонней плотности должны респондироваться равномерно около центра тяжести, то если только луна вообще имѣетъ форму шара, центральныя части видаемаго отъ насъ полушарія луны должны лежать на 59 километровъ выше уровня такъ сказать средней фигуры луны, а центральныя части другого полушарія настолько же ниже. При такихъ обстоятельствахъ нѣтъ ничего удивительнаго, если обращенное къ намъ полушаріе луны представляется въ видѣ безплодной пустыни лишеной атмосферы и безъ всякихъ признаковъ органической жизни, а въ другомъ ея полушаріи, напротивъ того, существуетъ атмосфера и процветаетъ богатая животна и растительная жизнь. Совершенно также, еслибы на землѣ были горы соответственной высоты, а именно гора, которая возвышалась бы на 216 километровъ или на 29 географическихъ миль надъ ея поверхностью, то на ихъ вершинахъ не было бы никакнхъ признаковъ существованія атмосферы, и всего того, что находится въ непосредственной отъ нея зависимости. Хотя, какъ мы увидимъ ниже, фотографическія изслѣдованія Гусева, повидимому, говорятъ въ пользу взгляда Гизена, тѣмъ не менѣе Ньюкомъ въ выставилъ противъ этого взгляда такія важныя возраженія, что вопросъ о фигурѣ луны пока сдѣдуетъ считать весьма спорнымъ.

§ 110 **Вліяніе луны на землю.** О важномъ дѣйствіи луны на землю, которое она оказываетъ на эту послѣднюю вмѣстѣ съ солнцемъ и которое выражается въ приливахъ и отливахъ и въ нѣкоторыхъ другихъ явленіяхъ, мы будемъ говорить впоследствии (часть III, главл III). Что же касается другихъ вліяній луны, о которыхъ много разъ говорили еще со временъ Аристотеля, то они по большей части остаются до сихъ поръ недоказанными, и во всякомъ случаѣ они настолько незначительны, что въ общественной жизни не заслуживаютъ почти никакого вниманія. Такъ, изъ изслѣдованій Шюблера, Меллерд, Энгелсторе и другихъ вытекаетъ, что луна оказываетъ очень слабое вліяніе на нашу погоду въ зависимости отъ фазы къ которой она находится, и отъ разстоянія, отдѣляющаго ее отъ земли. Д. Гервель, Джонсонъ, Насмилъ, Гаррисонъ и другіе изъ осно-

влиянй своего опыта высказываются за довольно распространенное мнѣнйе, что лунѣ во время полнолуны присуща сила разсѣянй облаковъ. Бакевидель, на основаннй обработки метеорологическихъ наблюдений, произведенныхъ на нѣсколькихъ англійскихъ станціяхъ, пришелъ къ заключенію, что во время полнолуны дни бывають холоднѣе, чѣмъ во время новолунія, и при дальнѣйшемъ изслѣдованіи этихъ результатовъ нашелъ, что причиной этого явленія служить преобладаніе сѣверныхъ воздушныхъ теченій во время полнолуны и южныхъ во время новолунія. Точно также многія лица утверждаютъ, что число землетрясеній во время новолунія и полнолуны бываетъ больше, чѣмъ во время другихъ фазъ луны. Но всѣ эти и имъ подобныя влиянія, какъ сказано настолько незначительны, что, если только они вообще существуютъ, то во всякомъ случаѣ они, такъ сказать, теряются среди другихъ гораздо болѣе значительныхъ атмосферныхъ и космическихъ условій, опредѣляющихъ тѣ или другія земныя явленія.

§ 111. **Размышленія о путешествіи на луну** Съ физическими свойствами поверхности луны мы само собою разумѣется, лучше всего познакомимся бы, если бы намъ удалось совершить путешествіе на луну и изслѣдовать ее поблизи. Но такъ какъ до сихъ поръ никто еще не предпринималъ такого путешествія, то прежде всего посмотримъ, есть ли у насъ какія-нибудь надежды на то, чтобы кто-нибудь изъ насъ могъ, по крайней мѣрѣ въ будущемъ, благополучно выполнить такое предпріятіе.

Прежде всего разстояніе отъ насъ до луны довольно велико, хотя луна и является ближайшимъ къ намъ небеснымъ тѣломъ, и кто не обладаетъ достаточнымъ запасомъ терпѣнія, тому лучше всего остаться дома. Среднее разстояніе отъ луны до земли составляетъ 384500 километровъ. Наши курьерскіе поѣзда могутъ пробѣгать 70 километровъ въ часѣ, и слѣдовательно на такомъ поѣздѣ мы могли бы добхать до луны только въ 229 дней, считая день въ 24 часа. Совершая это путешествіе въ боцтовомъ каретѣ, которая въ день пробѣгаетъ не болѣе 200 километровъ, мы достигли бы луны только въ 5,3 года и этотъ промежутокъ времени нѣкоторымъ путешественникамъ показался бы, безъ сомнѣнія, слишкомъ длиннымъ. Съ другой стороны, гдѣ нѣтъ твердой дороги, тамъ собственно вовсе нельзя пользоваться экипажемъ, и потому для насъ было бы удобнѣе всего предпринять наше путешествіе на кораблѣ и притомъ на воздушномъ. Если бы при этомъ намъ повсчастливилось все время пользоваться свѣжимъ вѣтромъ, который пробѣгаетъ 5 метровъ въ секунду, то для нашего путешествія потребовалось бы 2,5 года. Но это путешествіе все еще слишкомъ продолжительно для тѣхъ, кто, не говоря уже о различныхъ несчастныхъ случаяхъ, могущихъ встрѣтиться во время такого путешествія, боится болѣе всего величайшаго изъ всѣхъ золъ — скуки, избѣжать которой едва ли возможно тамъ гдѣ направо и налево отъ земли нѣтъ ничего такого, что могло бы привлечь къ себѣ вниманіе путешественника хотя бы на одно мновеніе. Если бы мы воспользовались для своего путешествія сильной бурей, то и въ этомъ случаѣ едва ли бы мы скорѣе достигли своей цѣли. Правда, наши ураганы пробѣгаютъ въ секунду отъ 20 до 30 метровъ, и на крыльяхъ такого вихря мы могли бы долѣть до мѣста въ 150 или, самое болыное, въ 220 дней, но какъ долѣть? У кого хватило бы смѣлости доврѣться такому проводнику? Есть еще и другіе весьма быстрые способы совершить это путешествіе въ гораздо болѣе короткое время. Напримеръ, свѣтъ, который отъ солнца доходитъ къ намъ въ 8 минутъ 18 секундъ, достигъ бы отъ насъ до луны всего только въ 1,4 секунды или слѣдовательно, какъ мы можемъ съ полнымъ правомъ сказать, въ одно мновеніе. Однако такіе быстрые корабли предназначены не для насъ, такъ какъ мы не умѣемъ ѣздить на солнечныхъ лучахъ.

Поэтому перенесемъ снова къ нашимъ воздушнымъ кораблямъ. Но и здѣсь мы тотчасъ же встрѣнимся съ различными препятствіями. Наши воздухоплаватели, какъ извѣстно, еще не изобрѣли способа направлять свой корабль противъ вѣтра и вообще не могутъ въ

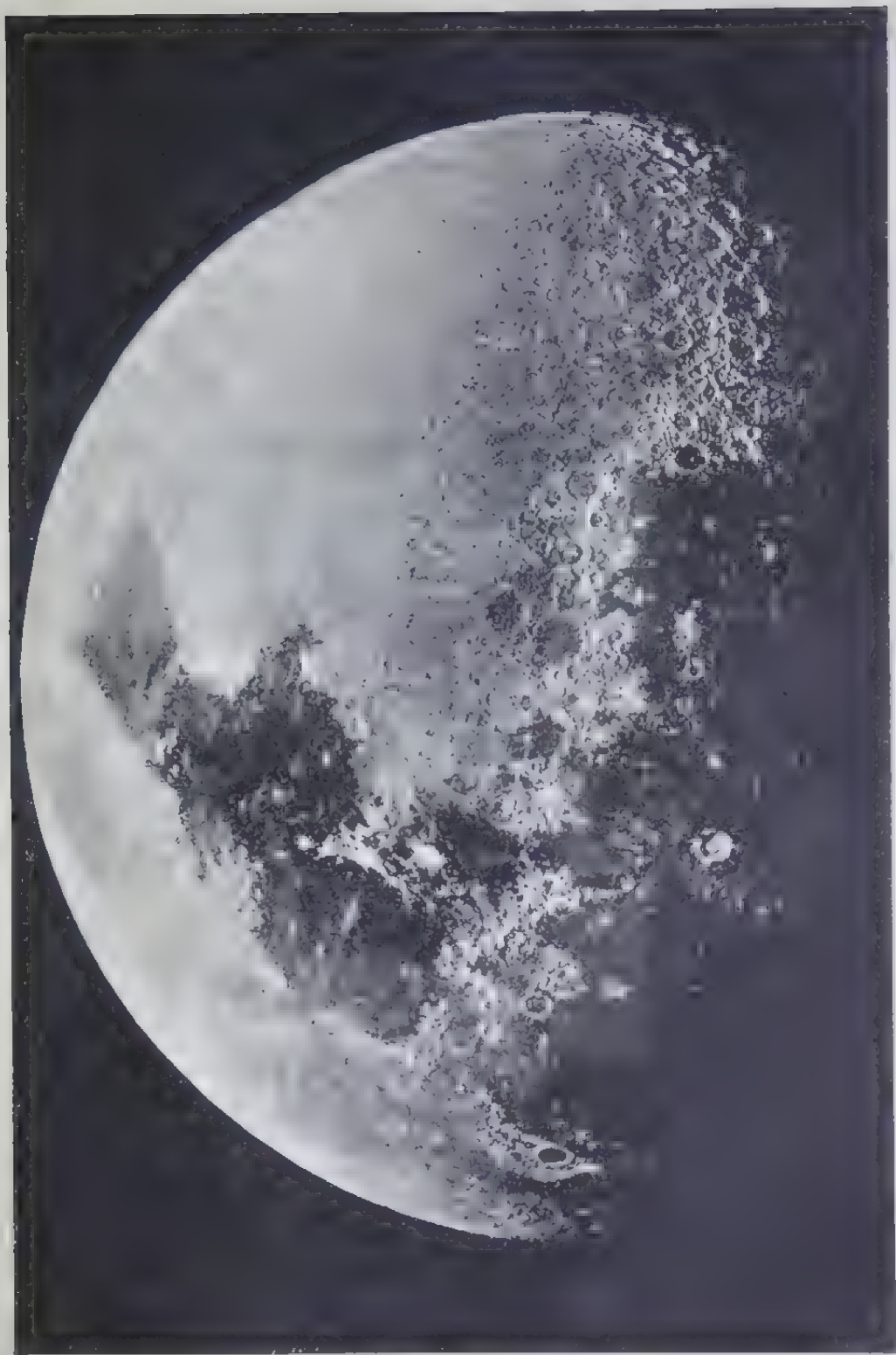
своими сто тридцать по заранее указанному направлению. Какъ легко поэтому можетъ случиться, что эти господа прилетятъ насъ не на луну, а въ огромное безбрежное мировое море шифъ *pegant teñte quatuor*, въ то безграничное пространство, среди котораго мы не только никогда не достигнемъ луны, но въ концѣ концовъ потеряемъ изъ виду и нашу землю!

То же, если бы было во власти нашихъ провожиковъ двигаться по длинному направлению, какимъ образомъ они толкну бы выбрать это направление, чтобы вѣрнѣе попасть на луну? Я опасаюсь, что эти господа были бы въ большомъ затрудненіи если бы имъ пришлось отвѣчать на этотъ вопросъ и если бы они захотѣли пользоваться ком-кимъ, чтобы опредѣлить истинный путь къ намѣченной цѣли. Въдѣ какъ начальный пунктъ путешествія земля такъ и тотъ берегъ, достигъ котораго они желаютъ, сами, какъ извѣстно, не остаются неподвижными. Земля при своемъ движеніи около солнца ежедневно пробѣгаетъ свыше 2,5 миллионъ километровъ и, слѣдовательно, летитъ черезъ широкое пространство со скоростью, которая не можетъ быть сравниваема даже со скоростью нашихъ лучевыхъ ягерь. Луна же, сопровождая землю въ этомъ ея путешествіи, постоянно движется по огромной волнообразной линіи (§ 100), которая не замыкается въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ.

Чѣмъ, кромѣ того, наполнить намъ наши аэростаты? Безъ сомнѣнія, какимъ-нибудь газомъ болѣе разреженнымъ и болѣе легкимъ, чѣмъ тотъ воздухъ, по которому мы будемъ летѣть. Однако, итѣ атмосферный воздухъ уже на высотѣ 30 километровъ лѣтъ поверхность земли обладаетъ такою степенью разреженія, что въ сравненіи съ нимъ мы только считать весьма плотнымъ воздухъ въ такъ называемомъ пустомъ пространствѣ, получаемомъ при помощи нашихъ водушныхъ насосовъ. Угнетѣ выше уже совершенно исчезаютъ всякіе признаки присутствія воздуха, и тамъ, конечно, не можетъ двигаться никакой воздушный корабль. Поэтому, чтобы намъ подняться съ поверхности земли, мы должны были бы подумать о какой-нибудь силѣ, которая бы оттолкнула насъ отъ поверхности земли такъ, чтобы мы, подобно ядру, вылетѣвшему изъ выстрѣльного дула, отъ одного толчка попали прямо на луну. При помощи вычисления можно показать, что эта сила должна быть такъ велика, что нашъ корабль въ первую секунду своей отправленія съ поверхности земли толкень бы прорѣзъть 300 километровъ. Вѣдѣствие такой ужасной скорости, во много разъ превосходящей скорость выстрѣльного ядра въ началѣ его полета, нашъ корабль вмѣстѣ съ нами въ первый же моментъ долженъ былъ бы, съ сомнѣніемъ, разлетѣться въдребезки. Но этимъ далеко еще не исчерпываются всѣ затрудненія такого путешествія. Въ самомъ дѣлѣ, нашъ корабль подлетѣвъ на довольно близкое расстояние къ лунѣ, благодаря ея притяженію, въ буквальномъ смыслѣ слова, упадетъ на ея поверхность и съ такою силой ударится о нее, что разлетѣтся въ мелкіе дрески и вѣдѣствие этого, если бы даже все предыдущее путешествіе было совершенно благополучно все же въ концѣ концовъ лѣтъ земля не была бы достигнута.

Какимъ образомъ, кромѣ того, мы съ нашими легкими могли бы жить въ такихъ стрѣлахъ, тѣтѣ свѣтѣмъ нѣтъ воздуха? Можетъ-быть, намъ пришлось бы для этой цѣли брать съ собою запасъ воздуха въ кожаныхъ мѣхахъ? Но вѣдѣ такой багажъ занялъ бы много мѣста, такъ какъ мы чувствовали бы нужду въ воздухѣ во все время своего путешествія. И наконецъ, если бы мы прибыли на луну и нашли нашъ запасъ воздуха совершенно исчерпаннымъ, развѣ бы мы не очутились опять въ безвыходномъ положеніи? Рѣшѣть это можно изъ лунѣ вовсе нѣтъ воздуха, по крайней мѣрѣ такого, который былъ бы пригоденъ для человѣческихъ легкихъ.

Итакъ, совершенно вѣдѣствиемъ, достаточно ясно, что будетъ лучше, если мы оставимъ въ покое луну и лѣтъ волна слезъ, въ которой мы живемъ, будемъ страстными гла-



Первая четверть луны, по фотографии, снятой Ливи и Пюизе 6 Марта 1847 г.

лами созерцать это поле радости, или, что гораздо лучше, будем смотреть на него совершенно спокойно, но зато при помощи хороших зрительных трубъ. Впрочемъ, вследствие того, что мы всегда должны находиться на почтительномъ разстояніи отъ луны, некоторыя подробности на ея поверхности во всякомъ случаѣ ускользнуть отъ насъ, и потому мы не можемъ надѣяться познакомиться съ поверхностью луны такъ же хорошо, какъ въ томъ случаѣ, если бы мы могли обойти кругомъ всю луны и изслѣдовать каждую ея часть при помощи микроскопа. Но это обязательно, какъ и все вообще на свѣтѣ, имѣть, съ другой стороны, также свои хорошия и весьма цѣнныя стороны. Благодаря большому разстоянію мы знакомимся съ луною въ ея цѣломъ гораздо лучше, чѣмъ если бы мы наблюдали ее съ гораздо болѣе близкаго разстоянія, и, можетъ-быть, мы съ перваго взгляда видимъ некоторыя такія ея свойства, о которыхъ жители луны, если таковыя, вообще, существуютъ, не имѣютъ никакого понятія.

§ 112. **Видъ луны.** Если мы наблюдаемъ луны невооруженнымъ глазомъ, то она намъ представляется въ видѣ круглаго диска, покрытаго большимъ числомъ сѣрыхъ пятенъ. Однако фазы луны (§ 101) и ихъ зависимость отъ положенія луны относительно солнца очень скоро приводятъ насъ къ убѣжденію, что луна не имѣетъ формы диска, а представляетъ собою шаръ, не имѣющій собственного свѣта, но получающій его, такъ сказать, дѣлмообразно отъ солнца. Точно также мы скоро замѣчаемъ, что поверхность этого шара не такая гладкая, какъ, напримеръ, поверхность выпуклаго зеркала — такъ какъ въ противномъ случаѣ изображеніе солнца могло бы отбрасываться къ намъ только какой-нибудь одной точкой этого шара и следовательно тогда луна представлялась бы въ видѣ маленькой яркой звѣзды, а не въ видѣ большого освѣщеннаго диска. Въ дѣйствительности же поверхность луны шероховатая и покрыта большимъ числомъ неровностей, горъ и долинъ, причемъ каждая ея часть сама по себѣ должна быть разсматриваема какъ маленькое зеркало, посылающее свѣтъ по какому-нибудь направленію.

Сѣрыя пятна, которыя мы замѣчаемъ на лунѣ, это долины и свѣтлыя мѣста — это гористыя страны. Разсматривая луны въ зрительную трубу, мы убѣждаемся въ этомъ съ перваго же взгляда благодаря тѣмъ гѣнямъ, которыя отбрасываются горами на окружающую ихъ мѣстность. Эти гѣни простираются въ сторону прямо противоположную солнцу, и они тѣмъ длиннѣе, чѣмъ выше горы, ихъ отбрасывающія, или чѣмъ ближе къ горизонту дневнаго мѣста на лунѣ находится солнце, какъ это прекрасно можно видѣть на приложенной здѣсь глянцѣ, представляющей луны во время первой четверти по фотографіи, снятой Лези и Пювизе 6 марта 1895 года. На свѣтовой границѣ, т. е. освѣщенная часть луны отдѣляется отъ неосвѣщенной, лежатъ все тѣ мѣста, для которыхъ солнце въ данную моментъ или восходить, или заходить, и здѣсь длина гѣней, отбрасываемыхъ вершинами горъ или высокими валами возвышенностей на окружающую мѣстность, наибольшая. Напротивъ того, чѣмъ дальше отъ свѣтовой границы лежитъ какая-нибудь мѣстность на освѣщенной части луны, тѣмъ короче гѣни, отбрасываемыя горами, такъ какъ тамъ день находится въ полномъ разгарѣ, и солнце занимаетъ довольно высокое положеніе надъ горизонтомъ. Во время полнолунія, когда въ центральной области освѣщеннаго полнаго диска луны имѣетъ мѣсто полдень, и когда следовательно жители этой области видятъ солнце въ зенитѣ, нельзя замѣтить почти никакого слѣда упомянутыхъ выше гѣней, совершенно подобно тому, какъ это бываетъ и у насъ на землѣ въ жаркомъ полуднѣ въ полдень такого дня, когда солнце находится въ зенитѣ даннаго пункта. По этой причинѣ лучшимъ временемъ для наблюденія луны, когда она представляется въ наиболѣе благопріятномъ освѣщеніи, является никакимъ образомъ не полнолуние, а скорѣе время за нѣсколько дней до и черезъ нѣсколько дней послѣ новолунія, когда луна имѣетъ видъ тонкой серебряной нити или узкаго серпа, и когда гѣни горъ наиболѣе отчетливо и рѣзко выдѣляются на окружающей мѣстности. О названіяхъ, предложенныхъ различными астрономами для лун



нью горь и долинь, мы сообщимъ некоторыя свѣдѣнія уже выше (§ 48). А затѣмъ мы попросимъ нашихъ читателей раскрыть прилагаемую при семь карту луны, на которой луна представлена въ перевернутомъ видѣ, такъ какъ сравненіе луны съ такой картою производится обыкновенно при помощи такъ называемой астрономической трубы, дающей обратныя изображенія. Если читатель желаетъ произвести наблюденія невооруженнымъ глазомъ или при помощи земной трубы то онъ долженъ перевернуть нашу карту. Въ каждомъ квадратѣ луны вѣдета особая нумерація пятенъ, причемъ въ каждой зонѣ, охватывающей до широты десять градусовъ, нумерація увеличивается слѣва направо.

\* Ниже мы приводимъ списокъ лунныхъ кратеровъ и горь.

#### Квадрантъ I (NW).

1. Шубертъ.
2. Неперъ.
3. Фирмякусъ.
4. Аполлоній.
5. Тарунцій.
6. Маскилайня.
7. Сэбинъ.
8. Риггеръ.
9. Дювонсий.
10. Арато.
11. Созингенъ.
12. Юлій Цезарь.
13. Аридеусъ.
14. Годенъ.
15. Агриппа.
16. Босковичъ.
17. Гигинусъ.
18. Ретякусъ.
19. Триснекеръ.
20. Увертъ.
21. Кондо; со.
22. Ганзенъ.
23. Альхленъ.
24. Олу.
25. Пильаръ.
26. Троптусъ.
27. Жиссенъ.
28. Витрувій.
29. Маральди.
30. Пляний.
31. Россъ.
32. Атервизя.
33. Таке.
34. Менелай.
35. Суавинцій.
36. Манили.
37. Агарумъ.
38. Эймартъ.
39. Орляя.
40. Паутархъ.
41. Сенека.
42. Ханъ.
43. Верозъ.

44. Клеомедъ.
45. Траздесъ.
46. Макробій.
47. Ремеръ.
48. Литровъ.
49. Демонье.
50. Бессель.
51. Линней.
52. Конопъ.
53. Гадлей.
54. Браздей.
55. Гауссъ.
56. Бурггардтъ.
57. Гемшусъ.
58. Вервузав.
59. Мессада.
60. Берцелусъ.
61. Франклинъ.
62. Посидоній.
63. Калишъ.
64. Осагетусъ.
65. Аристидъ.
66. Аволькъ.
67. Кассини.
68. Струве.
69. Шумахеръ.
70. Меркурій.
71. Гул.
72. Цефей.
73. Эрштедъ.
74. Атласъ.
75. Геркулесъ.
76. Мазонъ.
77. Палла.
78. Бюргъ.
79. Евдокъ.
80. Аристотель.
81. Эгедъ.
82. Эндимионъ.
83. Страбонъ.
84. Фадель.
85. Гертнеръ.
86. Демокритъ.
87. Хр. Майеръ.
88. Метонъ.

89. Эвтемонъ.
90. Скоресби.
91. Барроу.
92. Архитасъ.

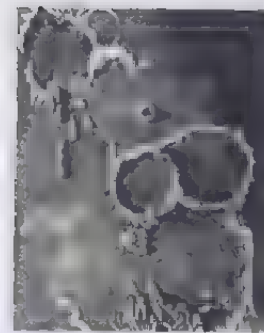
#### Квадрантъ II (NO).

1. Палласъ.
2. Боде.
3. Шрөтеръ.
4. Гамбаръ.
5. Стадиусъ.
6. Коперникъ.
7. Рейнгольдъ.
8. Гортеванн.
9. Энке.
10. Кеплеръ.
11. Рейнеръ.
12. Гевелій.
13. Кавалериусъ.
14. Ольберсъ.
15. Марко Поло.
16. Эратосвенъ.
17. Гей-Люссакъ.
18. Майеръ.
19. Милхій.
20. Марй.
21. Бессарионъ.
22. Кардинъ.
23. Крафтъ.
24. Гьйгенсъ.
25. Вольфъ.
26. Архамедъ.
27. Гимохарисъ.
29. Патеасъ.
29. Ламбертъ.
30. Эйлеръ.
31. Дюфантъ.
32. Лагаръ.
33. Геродотъ.
34. Селевскъ.
35. Бряггсъ.
36. Аристархъ.
37. Гельманъ.
38. Кирилли.
39. Галль.
40. Волластонъ.

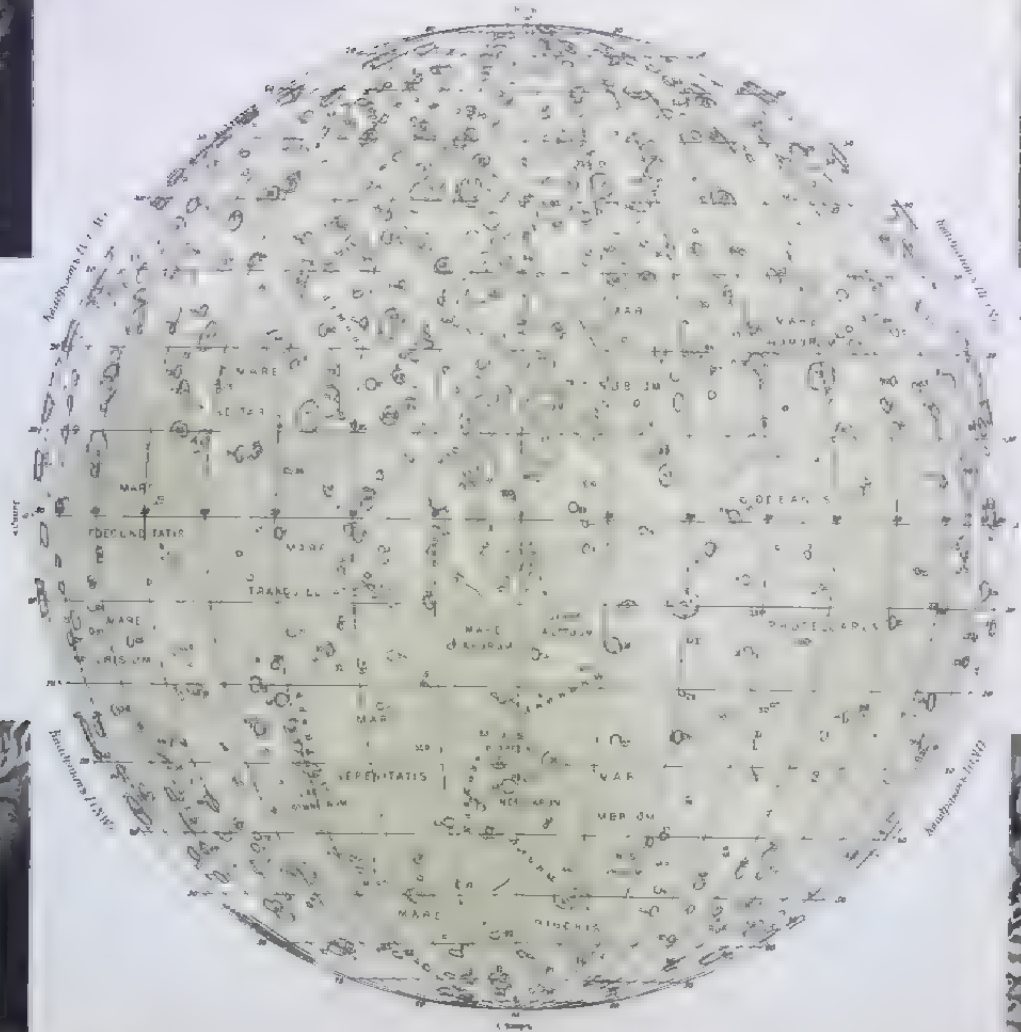
# КАРТА ЛУНЫ.



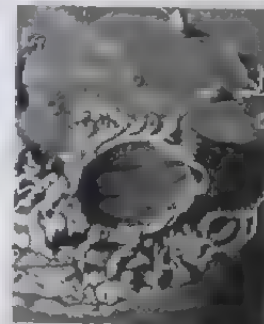
Юлий Цезарь  
(N 2, квадрат IX)



Горный Цепь, северная часть  
Фига Мад  
(N N 76, 81, 82 и 93, квадрат III)



Юлий Цезарь  
(N 12, квадрат IX)



Цепь Альп  
(N 53, квадрат III)

41. Липтенбергъ.
42. Лавуазье.
43. Кирхъ.
44. Пяло.
45. Лапласъ.
46. Гералвдъ.
47. Мопертюп.
48. Біанкини.
49. Шерпъ.
50. Меранъ.
51. Дувилъ.
52. Герардъ.
53. Платонъ.
54. Лалонданвиъ.
55. Бугеръ.
56. Гарпалъ.
57. Энопидъ.
58. Репсольдъ.
59. Хардингъ.
60. Ксенофавъ.
61. Клеостратъ.
62. Тимеусъ.
63. Эпигенъ.
64. Фонтенель.
65. Горребуу.
66. Анаксимандръ.
67. Пиезгоръ.
68. Джойа.
69. Анаксагоръ.
70. Филолай.
71. Анаксименъ.
72. Галилей.

Квадрантъ III (SO)

1. Малапертъ.
2. Кабеусъ.
3. Шортъ.
4. Моретусъ.
5. Ньютовъ.
6. Казатусъ.
7. Клапротъ.
8. Вилсонъ.
9. Груембергерь.
10. Цизатусъ.
11. Бланканусъ.
12. Шейнеръ.
13. Кирхеръ.
14. Беттвусъ.
15. Балья.
16. Хлузенъ.
17. Цукки.
18. Клавій.
19. Делюкъ.
20. Магивусъ.
21. Лонгомонтанъ.
22. Ростъ.
23. Вейгель.
24. Сегнеръ.

25. Байеръ.
26. Шилдэръ.
27. Фойнклидъ.
28. Варгентинъ.
29. Соссюръ.
30. Пикте.
31. Стритъ.
32. Тихо Браге.
33. Вильгельмъ I.
34. Гейвизусъ.
35. Хейнцель.
36. Дреббель.
37. Шивардъ.
38. Ингирами.
39. Леманъ.
40. Насръ-Эддинъ.
41. Оронтиуъ.
42. Сассеридъ.
43. Лексель.
44. Вальтеръ.
45. Хелъ.
46. Гаурикъ.
47. Вурдешбауеръ.
48. Питатусъ.
49. Гезюдъ.
50. Цихусъ.
51. Капуанъ.
52. Рамсденъ.
53. Вителло.
54. Пиацци.
55. Лагранжъ.
56. Буваръ.
57. Региомонтанъ.
58. Пурбахъ.
59. Тебитъ.
60. Меркаторъ.
61. Кампанусъ.
62. Типпадусъ.
63. Кисъ.
64. Биллиальдъ.
65. Дюпелмайеръ.
66. Фуръ.
67. Вьети.
68. Кавендишъ.
69. Биргусъ.
70. Мерсонъ.
71. Эйхштедтъ.
72. Арзахель.
73. Альфонсъ.
74. Адвистрагій.
75. Деви.
76. Герике.
77. Лубинецъ II.
78. Агатархидъ.
79. Гассенди.
80. Летроуъ.
81. Бейля.
82. Зуль.

83. Фонтана.
84. Свразалсъ.
85. Крюгеръ.
86. Рокла.
87. Птоломей.
88. Гершель.
89. Местлякъ.
90. Лаландъ.
91. Парри.
92. Бонпланъ.
93. Фра Мојо.
94. Ландсбергъ.
95. Эвклидъ.
96. Флемстидъ.
97. Дамуазо.
98. Гримальди.
99. Лорманъ.
100. Риччиоли.
101. Ганстивъ.

Квадрантъ IV (SW).

1. Шомбергерь.
2. Симпозіусъ.
3. Богуславскій.
4. Буссенго.
5. Манзивусъ.
6. Мутусъ.
7. Пенгланъ.
8. Курцій.
9. Понтекуланъ.
10. Ханно.
11. Вьеза.
12. Хагеніусъ.
13. Нирчъ.
14. Розенбергерь.
15. Влать.
16. Хоммель.
17. Пятякусъ.
18. Бэконъ.
19. Якоби.
20. Цхелъ.
21. Липи.
22. Овенъ.
23. Вега.
24. Штейнгель.
25. Фабрицій.
26. Нилоли.
27. Клеро.
28. Бароніусъ.
29. Маволякъ.
30. Кювье.
31. Лавелусъ.
32. Штефлеръ.
33. Маринусъ.
34. Фрауенгоферъ.
35. Фурнеріусъ.
36. Стевинъ.
37. Рейта.

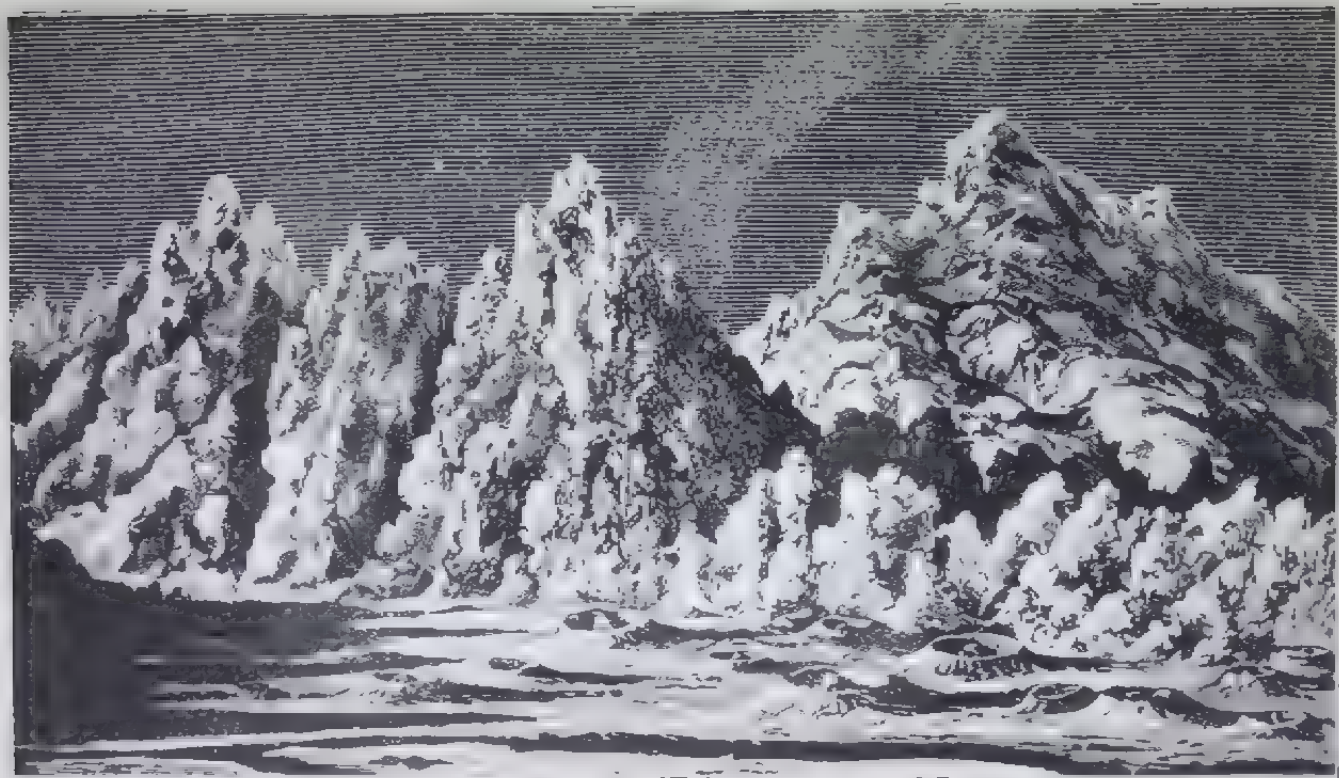
38. Меций.	60. Полюбий.	82. Альтамуль.
39. Рейхенбахъ.	61. Пенсъ.	83. Геберъ.
40. Нендръ.	62. Фермать.	84. Агуль-Вефа.
41. Створіусъ.	63. Сакробоско.	85. Әири.
42. Риччи.	64. Понтанусъ.	86. Альбатегній.
43. Раббн-Левн.	65. Азофи.	87. Парротъ.
44. Загугъ.	66. Абалецца.	88. Кестверъ.
45. Лиденау.	67. Апанъ.	89. Макдоренъ.
46. Бюшингъ.	68. Пайферъ.	90. Лавгрень.
47. Бухъ.	69. Вернеръ.	91. Мессіо.
48. Гемма-Фризіусъ.	70. Ангаріусъ.	92. Гокленіусъ.
49. Пуассонъ.	71. Вепделанъ.	93. Гутенбергъ.
50. Аліацензисъ.	72. Куки.	94. Капелла.
51. Гумбольдтъ.	73. Колумбъ.	95. Исвдоръ.
52. Генатей.	74. Магеланъ.	96. Торичелл.
53. Лежандръ.	75. Боненбергеръ.	97. Ипатія.
54. Петавій.	76. Элиде-де-Бомонъ.	98. Деламоръ.
55. Снелліусъ.	77. Теофиля.	99. Гиппарось.
56. Борда.	78. Св. Кприлъ.	100. Ремюръ.
57. Фракасторъ.	79. Св. Екатерина.	101. Юю.
58. Сантбекъ.	80. Кантъ.	102. Лакайль.
59. Пикколомини.	81. Таццгъ.	103. Декартъ.

На той же таблицѣ, на которой изображена карта луны, даны отдельные рисунки некоторыхъ кратеровъ въ увеличенномъ видѣ. Латинскія названія морей даны на самой картѣ. \*

§ 113 **Горныя цѣпи, борозды, свѣтлыя полосы и т. д.** На лунѣ такъ же, какъ и на землѣ, встрѣчаются неровности различнаго характера. Горныя цѣпи подобныя нашимъ Гималаямъ, Андамъ, Альпамъ и т. д. на лунѣ встрѣчаются рѣдко. Наиболее величественными изъ такого рода возвышенностей являются Апеннины, которыя на картѣ тянутся изъ сѣверо-западнаго квадранта въ сѣверо-восточныя. Датье достойны вниманія Альпы и Карпаты, прилегающія къ Апеннинамъ соответственно съ сѣвера и съ юга.

Горныя цѣпи на лунѣ не развѣиваются на отдельные цѣпи, какъ у насъ на землѣ, но стоятъ въ видѣ цѣльной огромной массы. Долины по большей части имѣютъ форму кратеровъ, вершины обыкновенно бывають остроконечныя, но изрѣдка встрѣчаются также закругленныя. Поэтому горныя цѣпи на лунѣ отличаются отъ нашихъ земныхъ горныхъ цѣпей отсутствіемъ длинныхъ боковыхъ долинъ, которыя, напримѣръ, нашимъ Альпамъ придаютъ такую уютную прелесть. Кроме того лунныя горныя цѣпи при переходѣ въ равнины рѣдко образуютъ до невырости отъсѣкъ и крутые обрывы высотой въ нѣсколько тысячъ метровъ. Такими крутыми склонами отличаются, напр., упомянутыя выше Апеннины, о чемъ мы судимъ по отбрасываемой ими тѣни, и прилегаемая при семь таблица, по всей вѣроятности, даетъ достаточно вѣрное изображеніе этой замѣчательной горной цѣпи.

Отдельныя горы на лунѣ поднимаются на невыротно огромную высоту, и первая по этому точная оцѣнка высоты этихъ горъ была сдѣлана еще Галилеемъ. Чимборазо, то есть гора, которая считалась высочайшею горой на земномъ шарѣ, возвышается на 6400 метровъ надъ уровнемъ моря и составляетъ такимъ образомъ одну девяностую девятистую часть земнаго радиуса. Гора Эверестъ въ Гималаяхъ, которая въ настоящее время считается за высшую горой на землѣ, возвышается на 8850 метровъ, что составляетъ одну семисотъ шестидесяти часть радиуса земнаго шара. Чтобы на глобусѣ высота этой послѣдней горы составляла одинъ сантиметръ, необходимо, чтобы диаметръ самого глобуса былъ равенъ 147 метр. Что же касается луны, то еще Медлеръ нашелъ, что некоторые горы



Горы в долине Ледяной Луны

на ея поверхности достигают высоты, равной 5500 метрамъ, а по наблюдениямъ Шмидта одна гора возвышается даже на 8850 метровъ и следовательно достигаетъ высоты горы Эвереста. А такъ какъ радиусъ луны равняется 1740 километрамъ, то высота упомянутыхъ горъ составляетъ соответственно одну третью пятнадцатую и одну двухсотую части этого радиуса, или, другими словами, горы на лунѣ соразмѣрно съ величиной самой луны гораздо выше, чѣмъ горы на землѣ. При этомъ необходимо упомянуть, что высота лунныхъ горъ считается надъ окружающею ихъ мѣстностью, такъ какъ здѣсь не можетъ быть рѣчи объ какомъ-нибудь общемъ уровнѣ въ родѣ уровня нашихъ морей. Если бы такимъ же образомъ считались высоты горъ у насъ на землѣ, то вообще онѣ оказались бы значительно ниже, и только высоты некоторыхъ горъ, кругомъ поднимающихся съ морской поверхности подобно гору Тенерифу, при такомъ счетѣ были бы больше.

Такъ какъ высоты лунныхъ горъ считаются надъ окружающею ихъ мѣстностью, то въ томъ случаѣ, когда эта мѣстность не плоская, а сама покрыта горами, высота горы, вычисленная по длинѣ тѣни, будетъ лживѣе, какъ нетрудно понять, отъ высоты солнца надъ горизонтомъ данного мѣста на поверхности луны. Поэтому въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ которой даны высоты некоторыхъ наиболее замѣчательныхъ горъ на основаніи измереній Шмидта, мы прикинемъ также и высоту солнца, при которой эти замѣрениа были сдѣланы.

Название горы.	Высота солнца.	Высота горы.
Курціусъ . . . . .	11,3°	8850 метровъ
Ньютонъ . . . . .	8,5	6910 »
Казатусъ . . . . .	7,6	6510 »
Инграми . . . . .	11,3	6230 »
Тихо . . . . .	7,2	6140 »
Каллипусъ . . . . .	5,0	5800 »
Бирхеръ . . . . .	10,3	5700 »
Буссенго . . . . .	7,4	5480 »
Наивысшая вершина въ заливѣ		
Придумъ . . . . .	6,5	4390 »
Наивысшая вершина въ Альпахъ	5,0	4260 »

Въ общемъ мы знаемъ теперь на лунѣ, главнымъ образомъ благодаря измерениямъ Шмидта, болѣе 100 горъ, высота которыхъ превышаетъ 3500 метровъ (10000 парижскихъ футовъ).

Ниже мы увидимъ, что масса луны составляетъ приблизительно одну восьмидесятую часть массы земли, и что тѣла на поверхности луны при свободномъ паденіи проходятъ въ первую секунду 0,93 метра, т.е. приблизительно въ пять разъ меньше, чѣмъ у насъ на землѣ, такъ что и сила тяжести, или, иначе говоря, та сила, съ которою луна притягиваетъ всѣ тѣла, находящіяся на ея поверхности, тоже составляетъ одну пятую часть силы тяжести у насъ на землѣ. Отсюда слѣдуетъ, что наши взрывчатые вещества, напр., порохъ, будучи перенесены на луну, произвели бы тамъ выстрѣлъ на гораздо большее разстояніе, чѣмъ у насъ на землѣ. На землѣ пушечное ядро, выпущенное вертикально вверхъ съ начальной скоростью, равной 300 метрамъ въ секунду, поднялось бы, если не принимать во вниманіе сопротивленія воздуха, на высоту 4500 метровъ, для чего потребовалось бы приблизительно 29 секундъ времени, и послѣ этого оно снова стало бы падать на землю. На лунѣ же при тѣхъ же самыхъ условияхъ, при той же начальной скорости поднятіе ядра продолжалось бы цѣлыхъ 161 секунду, и при этомъ оно достигло бы высоты 24200 метровъ. Поэтому, если внутри луны существуютъ такіе же силы, какъ и внутри земли, напр., уруге пары и т.п., и если частицы того вещества, изъ котораго

состоят оба эти тела, обладають приблизительно одинаковымъ сдвигениемъ, то вышеупомянутыя силы произведутъ большее дѣйствіе тамъ, гдѣ противодействующая имъ сила тяжести меньше, и очень можетъ быть что высокія горы на лунѣ и являются непосредственнымъ слѣдствіемъ этихъ условій.

Кромѣ горныхъ цѣпей, о которыхъ рѣчь шла выше, на лунѣ мѣстами разбросаны отдѣльныя горныя вершины, круто возвышающіяся среди окружающей ихъ равнины. Но самыя интересныя и самыя замѣчательныя образованія на лунѣ, это такъ называемыя

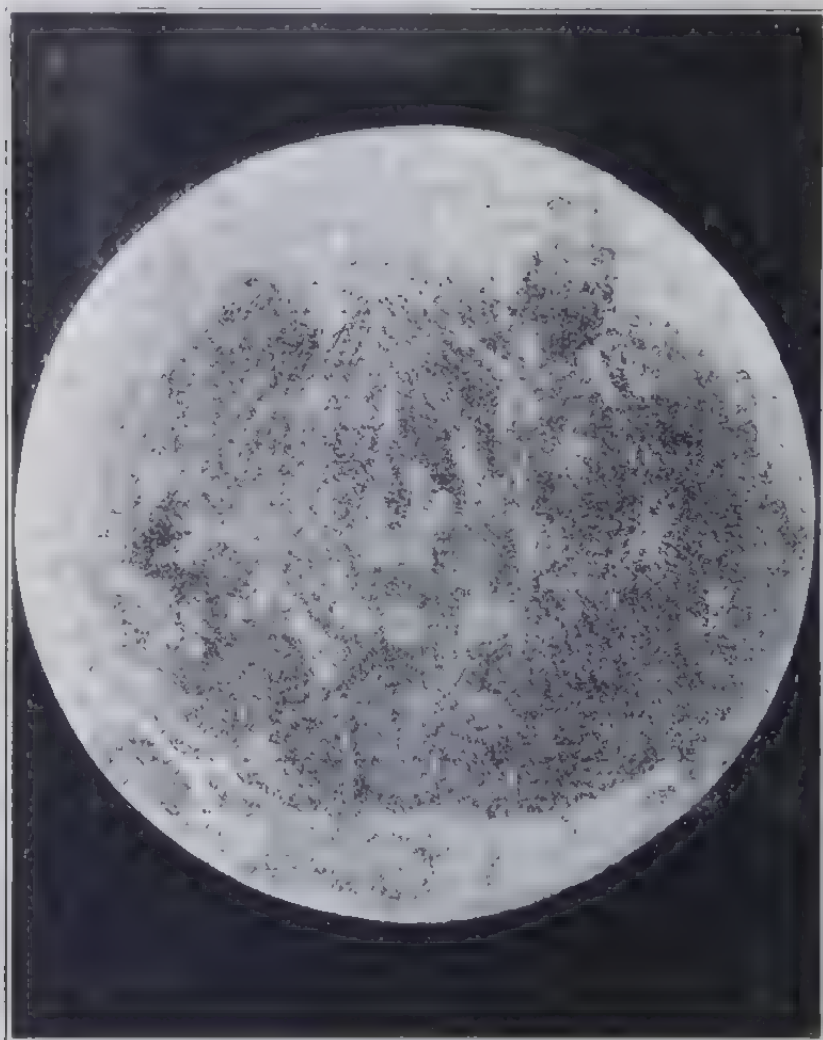


Рис. 161.

борозды (Rillen), которыя, при незначительной ширинѣ и глубинѣ, часто тянутся почти по совершенно прямолинейному направленію на большое число километровъ и на которыхъ гвостъ въ некоторыхъ мѣстахъ находятся кратерообразныя ямки. Эти борозды нерѣдко, повидимому, соединяють между собою нѣсколько кольцообразныхъ горъ.

Одна изъ наиболее бросающихся въ глаза такихъ бороздъ находится приблизительно въ центрѣ луннаго диска около Гитиуса. \* Эта борозда изображена на приложенной при семъ таблицѣ \*. Наблюдать же остальные борозды, вообще, бываетъ трудно и онѣ бываютъ видны только въ очень короткія промежутка времени при благоприятномъ освѣщеніи



БОРОЗДА ВЪ ЦЕНТРЪ ЛУННАГО ДИСКА.



луны соизмерим. Поэтому большая часть их была открыта в последнее время и притом главным образом Шмидтом в то время, когда он составлял свою прекрасную лунную карту. Теперь нам известно до 350 этих замечательных образований, которые в прежние времена некоторые лица склонны были считать удницами, каньонами или какими-нибудь другим тому подобными сооружениями, воздвигнутыми жителями луны. Профессор Суэсс полагает, что борозды суть образования вулканического происхождения, так как на склонах больших кратеров в роду Этны нередко появляются щели, идущие по направлению радиусов, и на этих щелях во время извержения лавы образуются так называемые добавочные кратеры. Подобная система щелей, по изысканиям Гюгелена, вписана через всю Исландию — самую большую из этих щелей, которая перескакивает гору Лани, можно проследить на протяжении приблизительно 30 верст, и на ней находится до 30 вышеупомянутых добавочных кратеров.

Далее, весьма замечательны также широкие светлые полосы, которые расходятся лучеобразно вокруг некоторых больших конусообразных гор и потому полагают называть системы луны. В этом отношении наиболее выдающийся примыры представляет Тихо так как его система лучей является больше четверти лунного диска. Эти полосы бывают видны лучше всего тогда, когда солнце стоит высоко над ними, так как в таком случае они не заслоняются тенью гор, среди которых

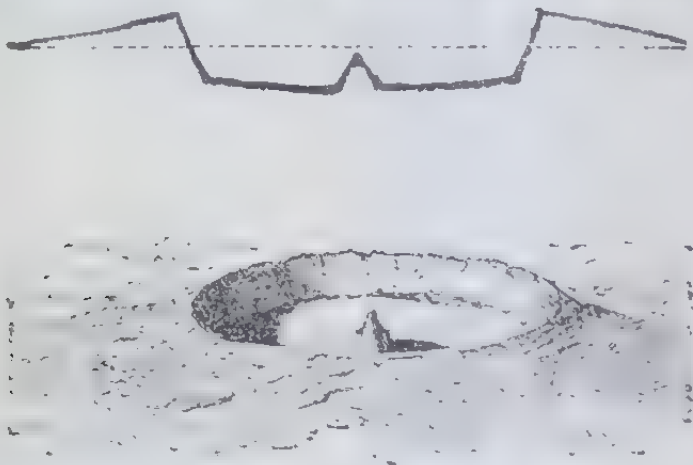


Рис. 162.

онъ явуются, и величине борозды — дности днъ выдѣляются среди округленной ихъ мѣткости. Но эти полосы ни въ какомъ случаѣ не представляютъ собой возвышенностей, такъ какъ и при весьма наклонномъ освѣщени онѣ никогда не отбрасываютъ тѣни. Швабе полагаетъ, что ему иногда удавалось замѣчать на этихъ полосахъ земную окрѣтку, а онъ видитъ въ этомъ слѣды растительности. \* На рисункѣ 161, съ которымъ изображена луна во время полнолуния, въ верхней части диска читатель легко замѣтитъ кратеръ Тихо съ его красивой системой лучей. »

По мнѣнию Медлера эти светлыя полосы представляютъ измѣненія, происшедшія на поверхности луны подъ дѣйствіемъ потоковъ газовъ и другихъ веществъ, которые некогда стекались со всѣхъ сторонъ въ огромныя жерла конусообразныхъ горъ. Швабе рде, изобразивъ то, что онъ считаетъ ихъ за отложения вулканическаго пара, Походнымъ же образомъ объяснить ихъ происхожденіе и профессоръ Суэссъ. Какъ на землѣ слѣдствіемъ вулканической дѣятельности являются fumaroles, такъ точно и на лунѣ за вулканической дѣятельностью вѣроятно слѣдуетъ дѣятельность fumaroles на обширномъ пространствѣ, причѣмъ у луны отдѣльныхъ кратеровъ образуются голыя щели расходящіяся по всѣмъ сторонамъ въ видѣ

лунной. Въ этихъ областяхъ происходить выдѣленіе кислотныхъ паровъ, образующихъ обыкновенно въ земной атмосферѣ фумароль и, прежде всего, обладающихъ тѣмъ свойствомъ, съ которыми кислотная паръ приходитъ въ соприкосновеніе. По мнѣнію Суэса, нѣкоторыя особенно яркія пятна, а также зарисовка Аристарха съ его яркими лучами состоятъ также изъ отложеній кислотныхъ продуктовъ фумароль, именно изъ бѣлой пемзы и изъ осѣдательно бѣлой золы.

Нельзя еще необходимо упомянуть о большихъ пятнахъ по большей части стратодеталь сѣвъ которыхъ выходятъ лишь весьма незначительныя неровности и которыя извѣстны подъ названіемъ моря, напр. Mare pinguis, Mare imbricatum, Mare praetense и т. д.

§ 114. Кольцеобразныя горы на лунѣ. Но гораздо чаще, чѣмъ все выше разсмотрѣнныя особенности, встрѣчаются на лунѣ такъ называемыя кольцообразныя горы. Это суть явленія, бывающія долины, окруженныя со всѣхъ сторонъ высокими валами и занимающія часто весьма значительную площадь въ нѣсколько квадратныхъ километровъ.

посерединѣ такой долины нерѣдко возвышаются одна или даже нѣсколько отдѣльно стоящихъ конусообразныхъ горъ.

• На рисункѣ 162 представлена типичная кольцообразная гора. Наверху этого рисунка данъ разрѣзъ такой горы вертикальной плоскостью. Точно также на прилагаемой при семь таблицъ изображенъ лунный пейзажъ, изобилующій такими кольцообразными горами. На той же таблицѣ внизу читатель можетъ видѣть нѣкоторыя отдѣльныя горы этого типа. •

Происхожденіе этихъ горъ, вѣроятно, однако съ происхожденіемъ земныхъ вулкановъ и можетъ быть объяснено дѣйствіемъ внутреннихъ силъ, а также сильными переворотами, имѣвшими мѣсто на лунѣ въ древнія времена. Коперникъ (рис. 163) представляетъ собою именно такую кольцообразную гору, внутренность которой имѣетъ полное сходство съ кратеромъ вулкана; діаметръ жерла этого кратера, прекратившаго свою дѣятельность, можетъ быть, уже нѣсколько тысячелѣтій тому

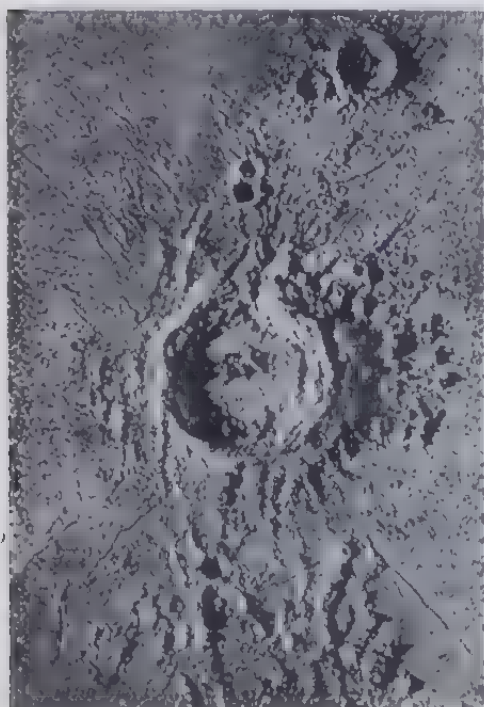
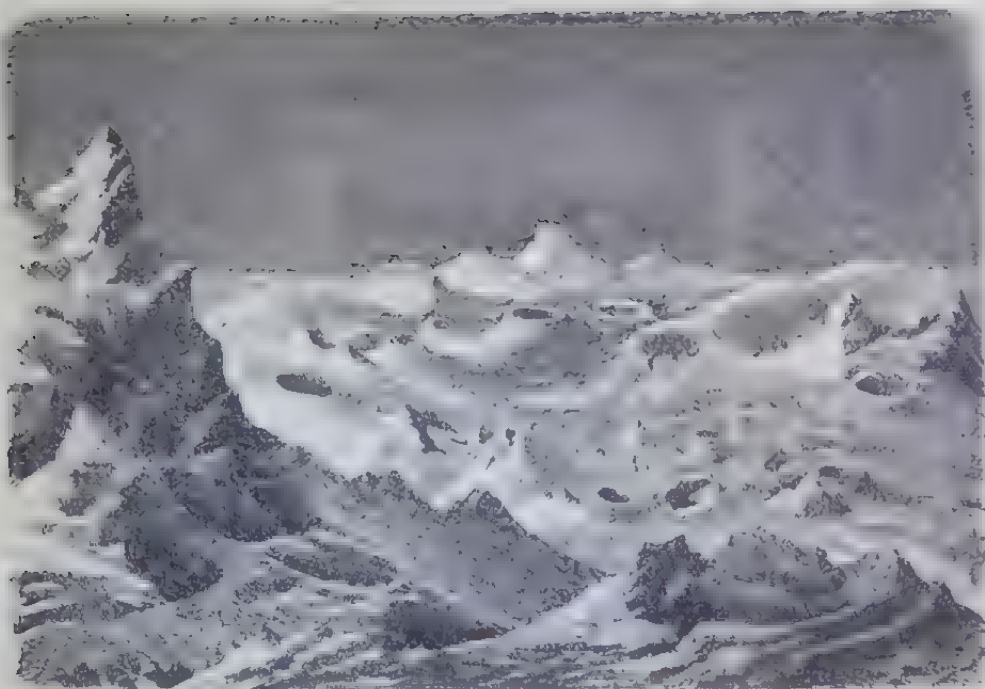
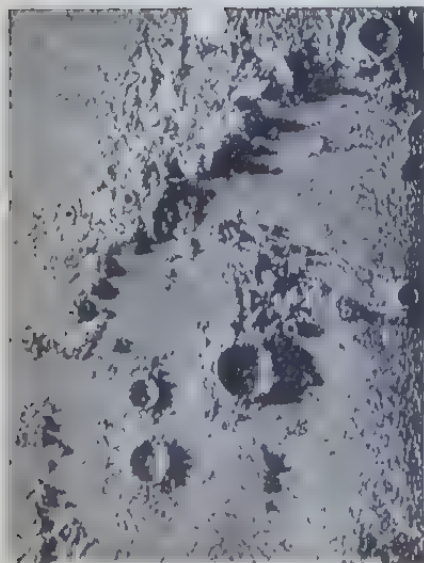


Рис 163.

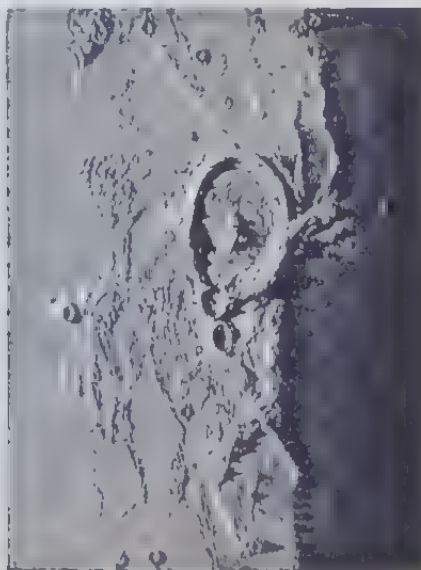
назадъ, составляетъ 30 километровъ, между тѣмъ какъ кратеръ Этна въ Сицили имѣетъ въ діаметрѣ только немного болѣе километра. Равнины и долины заключаются внутри такихъ кольцообразныхъ горъ, часто простираются на 10000 и даже 15000 квадратныхъ километровъ. Прозрачныя, окисляющаяся кольцообразными валами, представляютъ собою пустыни, пустыни, выходяща жерла кратеровъ и не имѣютъ никакого сходства ни съ какими окружающими горными хребтами, какова, напр., была бы глубина этихъ кратеровъ, если бы они представляли измѣреніи Меллера и Шмидта, часто доходила до 7000 метровъ и даже болѣе такими образомъ два лунныхъ кратеровъ иногда выхоится настолько выше краевъ, что нѣсколько у насъ на землѣ, напр. гора Чимборазо возвышается надъ уровнемъ моря, т. е. мѣстными широкими кратеромъ обладаетъ также гора Клеомедъ, выходящая отъ жерла моря Mare crissum (рис. 164) недалеко отъ западнаго края лунны діаметръ ея составляетъ около 130 километровъ, а глубина ея превышаетъ 3000 метровъ.



ЛУННЫЙ ПЕЙЗАЖЪ.



Архимедъ и Аленнины.



Гассенди.

Какое необыкновенное зрелище представилось бы человеческому глазу, если бы он мог заглянуть в жерло кратера такого диаметра и такой глубины! Но жерло этого кратера никаким образом не принадлежит к числу глубочайших. Медлер и Шмидт нашли, что глубина Гарвама равняется 5000 метров, между тем как с внутренней стороны эта гора возвысилась над уровнем Маре Фридога только на 800 метров. Что



Рис. 104.

же касается Эзеравика, то по своим размерам Селки — это кратер, напротив того, приблизительно на 1000 метров выше, чем окружающая равнина. Отдельная гора, находящаяся внутри кратера, достигает и того весьма значительной высоты. Так напр., высота вершины внутри кратера Морета равняется 2000 метров. Наблюдения при помощи сильных астрономических труб показывают, что внутренность этих ужасных углублений имѣет приблизительно такой же вид, какъ кратеры нашихъ земныхъ вулкановъ, и

примѣръ Велурія Эйна, Пана Тибрифа, вулканы, находившихся въ Овернѣ, вулканы Кипрскіе, на Таринскихъ островахъ и т. д. На такое сходство между лунными и земными вулканами впервые указал Даниа въ 1846 году — Наилучшее представление о такомъ сходствѣ читатель можетъ себѣ составить на основаніи сравненія рисунковъ 165 и 166. На первомъ изъ этихъ рисунковъ изображены лунные вулканы, а второй даетъ изображеніе земныхъ вулкановъ, расположенныхъ на берегу Неаполитанскаго залива.

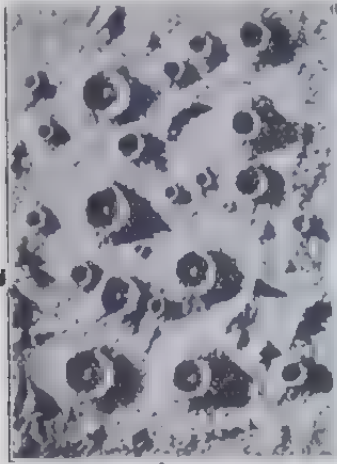


Рис. 165.

Если горю и ходителю на краю луннаго диска, то отношеніе ея высоты къ радиусу луны можно определять при помощи такъ называемаго микрометра (часть IV), т. е. при помощи общаго оптичнаго инструмента, служащаго астрономамъ вообще для измеренія весьма малыхъ разстояній. И дѣйствительно лунный край не представляется повсюду ровнымъ, но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, по многимъ вѣстямъ, что произошло отъ присутствія горъ на лунѣ.

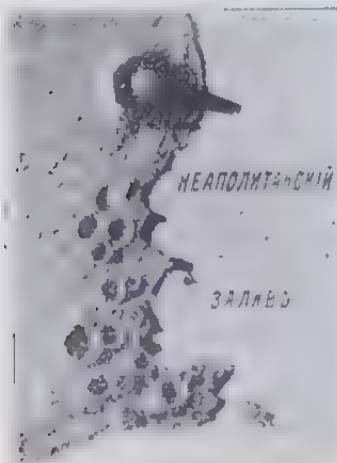


Рис. 166.

Съ помощью этого прибора можно примѣнить этотъ способъ во время солнечнаго затмѣнія, когда снѣжныя горы луны съ стоющими рядомъ сѣнями падаютъ на сѣдномъ фонѣ солнца, и, следовательно, измеренія могутъ быть произведены со всею возможною точностію.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и высоты лунныхъ горъ примѣняютъ по нѣкимъ точкамъ образующимъ дугу на лунномъ диске, отъ которой къ нимъ восточныя лежатъ на краю луннаго диска. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ при помощи сравнительно небольшой зрительной трубы,

уже при помощи сравнительно небольшой зрительной трубы можно насчитать на лунѣ, какъ показалъ Медлеръ, до 2000 такихъ козьеобразныхъ горъ. Ихъ число необыкновенно быстро увеличивается съ увеличеніемъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, какъ это лучше всего явствуетъ изъ того, что Шмидтъ, пользовавшійся подъ яснымъ небомъ Атики зрительной трубой съ отверстіемъ въ 16 сантиметровъ, навелъ на свою карту луны 32856 такихъ образований. Особенно большое число козьеобразныхъ горъ находится около южнаго полюса, что придаетъ ему, особенно послѣ новолунія, совершенно своеобразный видъ.

#### § 115. Измѣреніе высоты лунныхъ горъ.

Прежде чѣмъ совершенно покончить съ вопросомъ о лунныхъ горахъ, хотѣлось бы, вѣроятно, было интересно узнать, какимъ образомъ измѣряется ихъ высота.

Положимъ, что зазубрина луннаго края, представляющая собою возвышеніе, оказалась равной одной двухсотой части луннаго радиуса. Въ такомъ случаѣ мы тотчасъ же можемъ сказать, что высота горы составляетъ 8,7 километра, такъ какъ радиусъ луны равенъ 1741 километру. По этому способу можно опредѣлить высоту не только тѣхъ горъ, которыя въ данный моментъ находятся на лунномъ краѣ, но вообще горъ, близкихъ къ этому краю, такъ какъ мы увидимъ, что къ намъ больше обращена не только одна и та же сторона луны, но что край луннаго диска, если смотреть изъ центра луны, можетъ смѣщаться приблизительно на  $8^\circ$ , и поэтому на лунномъ краѣ иногда появляются такія горы и долины, которыхъ раньше не было видно, или же такія, которыя, хотя и были видны, но находились въ некоторомъ разстояніи отъ края.

тогда, конечно, замечать, что вблизи световой границы, которая вследствие преломления горь на луну по большей части представляется весьма зазубренной и неправильной, можно видеть на темной части луны много отдельных весьма блестящих точек, имеющих большое сходство с островами на морях или с каменными рудами на двугорах, освещенных солнцем. Мы легко убеждаемся в том, что эти блестящие точки суть горные вершины, освещаемые восходящим солнцем, в то время как пологие горы остаются еще во мраке ночи, совершенно подобно тому, как мы наблюдаем такое же явление также и у нас на земле недалеко до восхода солнца или вскоре после его захода. Но легко видеть, что эти горы должны быть тем выше, чем дальше от световой границы остаются их вершины, помещенные солнечными лучами. Следовательно и обратно, на основании расстояния этих блестящих точек от световой границы можно сделать заключение относительно высоты горь. \* В самом деле, пусть на рисунке 167 точка *M* представляет вершину горы, освещаемой лучем *SM*, идущим от солнца и касающимся поверхности луны в точке *A*. Соединим точки *A* и *M* с центром луны *B*. Таким образом мы получим треугольник *ABM*, в котором сторона *AB* известна как радиус луны, сторона *AM* может быть измерена при помощи микрометра и угол при *A* прямой. Следовательно, мы можем решить этот треугольник по правилам тригонометрии (часть I, § 39). Решив его, мы найдем сторону *BM*, которая есть ничто иное, как радиус луны, сложенный с высотой горы. Отсюда ясно, что в конце концов может быть вычислена высота горы. \*

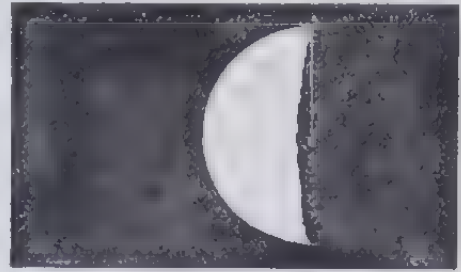


Рис. 167.

Третий способ измерения высоты лунных горь основан на весьма известном факте, который мы ежедневно наблюдаем также и у нас на земле. Кто не знает, что тени наших башен и горь в полдень, когда солнце занимает высшее положение на небесной сфере, бывают самыми короткими, при восходе же и заходе солнца, наоборот, самыми длинными, и что эти тени до полудня бывают направлены к западу, а после полудня к востоку? Совершенно также и на луне тени горь постепенно перемещаются в течение лунного дня, продолжительность которого равняется приблизительно 15 нашим дням, и во время увеличения луны бывают обращены в левую сторону, а во время ее убывания в правую, и вместе с тем тень всякой горы становится все длиннее и длиннее по мере того, как уменьшается расстояние между горой и световой границей, так как на этой границе лежат все те точки, для которых в данный момент солнце восходит или заходит. Но мы уже выше (часть I, § 39) видели, каким образом на поверхности земли определяется высота башни, если известны длина ее тени и высота солнца. В самом деле, положим, что *AB* (рис. 168) есть высота башни, а *BC* — длина отбрасываемой ею тени. В таком случае линия *CA* при своем продолжении должна встретить солнце, и следовательно угол *ACB* есть высота солнца (рисование, § 8), которая легко может быть измерена при помощи квадрата (ведение, § 19). Что же касается длины тени *BC*, то она измеряется обыкновенным способом, например, при помощи сажени. Но если в треугольнике *ABC*, прямоугольном при *B*, известны стороны *BC* и прилежащий к ней угол *ACB*, то мы без труда можем найти также сторону *AB*, противолежащую этому углу (часть I, § 39), или, иначе

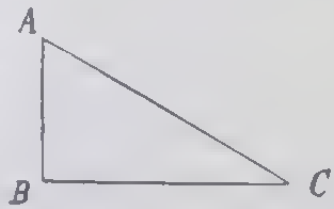


Рис. 168.

горы, высоту башни. Совершенно такой же способ можно применить также къ определению высоты Луны въ тору, такъ какъ Луна отбрасываемой ими тѣни можетъ быть измѣрена при помощи микрометра, а высота солнца надъ горизонтомъ того пункта, гдѣ находится тора, можетъ равняться выраженному въ градусахъ кратчайшему расстоянію между торою и свѣтовой границей, что можетъ быть доказано на основаніи правилъ геометріи.

§ 116. **Топографія луны.** Уже только мысль изобрѣтенія гравы, въ началѣ XVII-го столѣтія Галилей, Шейнеръ и Ширдгусъ въложили попытку составить карту Луны. Но эти первая и притомъ весьма несовершенныя попытки не могутъ быть и сравниваемы съ тѣми, что было опубликовано Геккелемъ въ 1640 году въ его «Selenographie». Даже карта, которую въ 1651 году галь Риччиоли въ своемъ «Almagestum novum», по своимъ достоинствомъ стоятъ гораздо ниже карты, составленной Геккелемъ. Карта Луны, изданная въ 1680 году Доминикомъ Кассини и имѣющая въ диаметръ немногимъ болѣе 0,5 метра, стоила предъ нами такъ, что было извѣстно до ея появленія, такъ какъ она не только давала, подобно прежнимъ картамъ, вѣрное изображеніе отдѣльных пятенъ на поверхности Луны, но на ней были также сдѣлана попытка представить по возможности точно взаимное расположеніе этихъ пятенъ. Но собственно вполнѣ научное, основанное на дѣйствительныхъ и наблюденьяхъ опредѣленіе положенія этихъ пятенъ относительно периселенитиды и относительнаго вѣса тора Луны было предпринято въ 1748 году Гюллемъ Мадлеромъ, составившимъ карту, имѣющую въ диаметръ 20 сантиметровъ, въ Геттингенѣ. Луна сибирскомъ въ Геттингенѣ въ 1775 году уже послѣ смерти Мадера. Вообще же подобное опредѣленіе взаимнаго расположенія отдѣльных пятенъ было сдѣлано впервые въ Дрезденѣ Шмидтомъ, который въ 1791 году въ «Selenographischen Fragmenten» ознакомилъ уже нашу мѣрь со своими рисунками и описаніями различныхъ частей Луны.

Но съ успѣхами науки и съ разширеніемъ астрономіи особенно захотѣлось составить весьма члмствителъную и точную карту, какъ стлать обилъ карты Луны такъ и болѣе позднихъ рисунковъ представляющихъ отдѣльныя ея части. Дрезденскій астрономъ Горманъ, умершій въ 1840 году, впервые показавъ, что можно сдѣлать въ этой области болѣе или менее вѣрный систематическій измѣритель. При его жизни появились только первый томъ его «Selenographie der Montberglasse» (1824), составляющая она лишь часть всей работы Гормана, остальные же части были опубликованы Шмидтомъ только въ 1878 году, такъ какъ при этомъ приходилось преедотвѣрять весьма многочисленные препятствія. Такимъ образомъ часть созданія подобающей въ приобрѣденіи знаменитости Гормана карты оставалась въ Мадлеромъ, который въ 1837 году въ сообществѣ съ Берромъ и тѣмъ въ Берлинѣ купилъ граву, посредствомъ до плана Гормана, но оставивъ исключительно на нихъ себя вѣнать и издательству. Эта карта имѣющая въ диаметръ 3 парискихъ фута (97 сантиметровъ) и сдѣланная весьма обстоятельными комами, рамки, представляеть ить пятитысячъ весьма точныхъ наблюденій, произведенныхъ съ такой тщательностью, что вносѣственна эта карта могла быть доволена и сдѣлана болѣе доступными по издѣнн не могла подвергнуться болѣе или менѣе суровымъ редакціямъ преедвѣтчиковъ Мадлера. Вносѣственна какъ Горманъ, такъ и Мадлеръ въ свои лунныя карты въ меньшемъ масштабѣ, причемъ послѣдній въ нихъ внесъ въ свою карту соотвѣстными обилеженіемъ. Названія различныхъ частей Луны на картѣ Шмидтова въ вѣнскихъ издѣннхъ у Мадлера, такъ какъ сдѣланы имъ въ Мадлеромъ, болѣе распространены. Въ послѣднее время Шмидтъ въ Лоннѣхъ сдѣлалъ еще одну тридцатитысячъ работъ сдѣлалъ лунную карту, диаметръ которой равенъ 6 парискимъ футамъ (195 сантиметрамъ) и которая затмила все, что было сдѣлано въ этой области раньше совершенно подобно тому, какъ въ свое время первая часть вышеупомянутой гравы Гормана гравировала дѣлать преедвѣствующія работы по этому вопросу.

Такая общия карта должна изображать луну, какъ нетрудно понять, во время полнолуния и, следовательно, должна давать различныя предметы на поверхности луны для того момента, когда они образуютъ кратчайшую гнѣ. Несмотря на то, что гораздо болѣе интереса представляетъ видъ луны во время другихъ фазъ, когда въ дѣйствиѣ тѣмъ совершенно мѣняется открывающаяся передъ нами картина, и несмотря на то, что многія подробности могутъ быть замѣнены на лунномъ дискѣ только при наклонномъ освѣщеніи, все-же приходится отказаться отъ этихъ преимуществъ, разъ дѣло идетъ о вѣрномъ представлении общаго вида луны. Только рельефная модель луны могла бы, при искусственномъ освѣщеніи подъ различными углами, давать намъ изображенія, даже при первомъ взглядѣ согласныя съ дѣйствительностью во время всякой данной фазы. Та же самая цѣль, если не исполнѣ, то по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, могла бы быть достигнута при помощи цѣлаго ряда рисунковъ, представляющихъ луну во время различныхъ, постепенно сдѣланныхъ фазъ, и благодаря фотографіи, съ недавнихъ поръ мы можемъ прибѣгать къ исполненію этой задачи. Впрочемъ, трудность этой и безъ того весьма нелегкой задачи существенно увеличивается еще въ дѣйствиѣ томъ, что только приблизительно вѣрно высказанное выше (§ 105) утверждѣніе, будто къ землѣ обращены постоянно сѣв. и юж. же части луны. В. самомъ дѣлѣ, время обращенія луны около оси постоянно остается одно и то же, угловая же скорость ея при движеніи вокругъ землѣ не подтверждена нѣкоторымъ измѣняемымъ, и хотя эти вѣщанія самъ по себѣ малы, до тѣмъ не менѣе они вполнѣ достаточны для того, чтобы сѣв. и юж. полюсы лунныя образуютъ кажущагося замедленія или ускоренія вращенія луны сравнительно съ ея обращеніемъ измѣнить нѣсколько общій видъ луны и сдѣлать для насъ видимыми иногда на западномъ краѣ, иногда на восточномъ такіа части луны, которыя собственно принадлежатъ ея полушарію, обращенному въ сторону, противоположную землѣ. \* Для лучшаго уясненія только-что сказаннаго обратимся къ рисунку 169. Луна движется вокругъ землѣ  $E$  по эллиптической кривой, и потому скорость ея движенія въ перигей  $P$ —наибольшая, а въ апогей  $A$ —наименьшая. Положимъ, что въ тотъ моментъ, когда луна находится въ перигей  $P$ , мы въ центрѣ луннаго диска видимъ нѣкоторый предметъ  $a$ , напр., какую-нибудь гору. По истеченіи промѣжутка времени, равнаго четверти оборота луны, эта гора займетъ положеніе  $M$  причѣмъ линія  $ME$ , соединяющая центры луны и землѣ, не будетъ перпендикулярна къ большой оси  $AP$ . Вращеніе же луны, какъ мы видимъ, происходитъ равномерно, и въ дѣйствиѣ линія  $Pa$ , соединяющая центръ луны съ горой  $a$ , повернется ровно на  $90^\circ$  и займетъ положеніе  $Ma$ , такъ что въ этомъ случаѣ гора  $a$  заматривается влѣво или къ востоку отъ центра луннаго диска. Такимъ же образомъ, когда луна опять находится въ точкѣ  $M$ , гора  $a$  будетъ заматриваться вправо или къ западу отъ центра луннаго диска. \* Съ другой стороны, плоскость луннаго экватора почти совпадаетъ съ плоскостью лунной орбиты, но полнота совпаденія этихъ плоскостей во всякомъ случаѣ имѣть, такъ что должна существовать извѣстная аналогія между луной и землѣ, такъ какъ плоскость земнаго экватора также не совпадаетъ съ плоскостью земной орбиты, т. е. съ плоскостью эклиптики. Поэтому, подобно тому, какъ извѣстныя страны рокутъ полосу на поверхности земнаго шара въ среднее время года непрерывно освѣщаются солнцемъ и

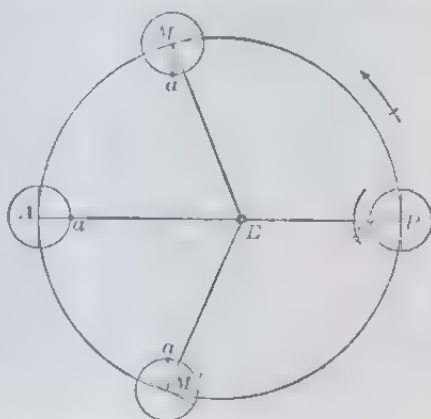


Рис. 169.

полнолуния и, следовательно, должна давать различныя предметы на поверхности луны для того момента, когда они образуютъ кратчайшую гнѣ. Несмотря на то, что гораздо болѣе интереса представляетъ видъ луны во время другихъ фазъ, когда въ дѣйствиѣ тѣмъ совершенно мѣняется открывающаяся передъ нами картина, и несмотря на то, что многія подробности могутъ быть замѣнены на лунномъ дискѣ только при наклонномъ освѣщеніи, все-же приходится отказаться отъ этихъ преимуществъ, разъ дѣло идетъ о вѣрномъ представлении общаго вида луны. Только рельефная модель луны могла бы, при искусственномъ освѣщеніи подъ различными углами, давать намъ изображенія, даже при первомъ взглядѣ согласныя съ дѣйствительностью во время всякой данной фазы. Та же самая цѣль, если не исполнѣ, то по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, могла бы быть достигнута при помощи цѣлаго ряда рисунковъ, представляющихъ луну во время различныхъ, постепенно сдѣланныхъ фазъ, и благодаря фотографіи, съ недавнихъ поръ мы можемъ прибѣгать къ исполненію этой задачи. Впрочемъ, трудность этой и безъ того весьма нелегкой задачи существенно увеличивается еще въ дѣйствиѣ томъ, что только приблизительно вѣрно высказанное выше (§ 105) утверждѣніе, будто къ землѣ обращены постоянно сѣв. и юж. же части луны. В. самомъ дѣлѣ, время обращенія луны около оси постоянно остается одно и то же, угловая же скорость ея при движеніи вокругъ землѣ не подтверждена нѣкоторымъ измѣняемымъ, и хотя эти вѣщанія самъ по себѣ малы, до тѣмъ не менѣе они вполнѣ достаточны для того, чтобы сѣв. и юж. полюсы лунныя образуютъ кажущагося замедленія или ускоренія вращенія луны сравнительно съ ея обращеніемъ измѣнить нѣсколько общій видъ луны и сдѣлать для насъ видимыми иногда на западномъ краѣ, иногда на восточномъ такіа части луны, которыя собственно принадлежатъ ея полушарію, обращенному въ сторону, противоположную землѣ. \* Для лучшаго уясненія только-что сказаннаго обратимся къ рисунку 169. Луна движется вокругъ землѣ  $E$  по эллиптической кривой, и потому скорость ея движенія въ перигей  $P$ —наибольшая, а въ апогей  $A$ —наименьшая. Положимъ, что въ тотъ моментъ, когда луна находится въ перигей  $P$ , мы въ центрѣ луннаго диска видимъ нѣкоторый предметъ  $a$ , напр., какую-нибудь гору. По истеченіи промѣжутка времени, равнаго четверти оборота луны, эта гора займетъ положеніе  $M$  причѣмъ линія  $ME$ , соединяющая центры луны и землѣ, не будетъ перпендикулярна къ большой оси  $AP$ . Вращеніе же луны, какъ мы видимъ, происходитъ равномерно, и въ дѣйствиѣ линія  $Pa$ , соединяющая центръ луны съ горой  $a$ , повернется ровно на  $90^\circ$  и займетъ положеніе  $Ma$ , такъ что въ этомъ случаѣ гора  $a$  заматривается влѣво или къ востоку отъ центра луннаго диска. Такимъ же образомъ, когда луна опять находится въ точкѣ  $M$ , гора  $a$  будетъ заматриваться вправо или къ западу отъ центра луннаго диска. \* Съ другой стороны, плоскость луннаго экватора почти совпадаетъ съ плоскостью лунной орбиты, но полнота совпаденія этихъ плоскостей во всякомъ случаѣ имѣть, такъ что должна существовать извѣстная аналогія между луной и землѣ, такъ какъ плоскость земнаго экватора также не совпадаетъ съ плоскостью земной орбиты, т. е. съ плоскостью эклиптики. Поэтому, подобно тому, какъ извѣстныя страны рокутъ полосу на поверхности земнаго шара въ среднее время года непрерывно освѣщаются солнцемъ и



течение нескольких недель и даже месяцев, совершенно так же и на луну в определенное время месяца мы видим известные страны вокруг полюсов непрерывно в течение нескольких дней. Следовательно, также и на северном и южном краях лунного диска иногда делаются для нас видимыми такие страны, которые собственно находятся на полушарии луны, обращенном в сторону, противоположную землѣ. Такъ какъ вследствие этого луна представляется какъ бы колеблющейся вокругъ двухъ осей, изъ которыхъ одна проходитъ черезъ полюсы луны, а другая лежитъ въ плоскости луннаго экватора и направлена прямо на нашу землю, то такія явленія, служащая причиною нѣкоторому измѣненію вида луннаго диска, называются либраціями. Либрація, вследствие которой появляются новыя подробности на восточномъ и западномъ краяхъ луны, носятъ названіе либраціи по долготѣ та же либрація, вследствие которой луна кажется какъ бы колеблющейся около полярной оси, называется либраціей по широтѣ. Эти либраціи представляютъ одну изъ многочисленныхъ затрудненій, которыя приходится преодолевать при всякой попыткѣ получить изображеніе луны, и вследствие этого тотъ, кто предпринимаетъ составленіе такой карты, не только долженъ быть опытнымъ чертежникомъ и искуснымъ наблюдателемъ, но не долженъ также бояться обширныхъ вычисленій. Вероятно Де ла Рю весьма остроумнымъ образомъ воспользовался измѣненіями вида лунной поверхности вследствие либраціи для получения стереоскопическаго изображенія этого небеснаго тѣла. Замѣтительное явленіе, что при такомъ изображеніи луна имѣетъ видъ не шара, а яйца, обращеннаго острымъ концомъ къ землѣ, Гусевъ принялъ за подтвержденіе вышеупомянутаго изслѣдованія Ганзена (§ 109).

Вследствие либраціи общая карта луны можетъ дать намъ представленіе только о нѣкоторомъ среднемъ видѣ луннаго диска. Такимъ образомъ, если мы вообразимъ на поверхности луны градусную сѣть, то ея градусы долготы и широты не всегда будутъ совпадать съ соответственными градусами на картѣ, и чтобы при помощи такой градусной сѣти ориентироваться на картѣ, необходимо каждый разъ принимать во вниманіе обусловленное либраціей смѣщеніе различныхъ подробностей на лунѣ.

Въ послѣднее время фотографія, послѣ работъ Де ла Рю, Рутерфорда, Дрепера и другихъ продолжившихъ путь къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, явилась въ рукахъ братьевъ Анри Лави и Ньюзе и астрономовъ Ликской обсерваторіи въ Лангемъ многообширными результатами полученны изображенія луны и уже теперь даютъ чрезвычайно результаты, особенно съ тѣмъ поръ, какъ профессоръ Вейнекъ изъ Праги послѣднимъ обрѣдъ заданъ изобрѣсти превосходныя, пригодныя для научныхъ изслѣдованій увеличенія этихъ фотографій.

Рис. 170.

Въ послѣднее время фотографія, послѣ работъ Де ла Рю, Рутерфорда, Дрепера и другихъ продолжившихъ путь къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, явилась въ рукахъ братьевъ Анри Лави и Ньюзе и астрономовъ Ликской обсерваторіи въ Лангемъ многообширными результатами полученны изображенія луны и уже теперь даютъ чрезвычайно результаты, особенно съ тѣмъ поръ, какъ профессоръ Вейнекъ изъ Праги послѣднимъ обрѣдъ заданъ изобрѣсти превосходныя, пригодныя для научныхъ изслѣдованій увеличенія этихъ фотографій.

§ 117. **Перемѣны на поверхности луны.** Уже въ предыдущихъ параграфахъ мы упомянули о томъ, вследствие различнаго освѣщенія луны солнцемъ, отдѣльные предметы на поверхности луны въ различныя времена различнымъ образомъ отбрасываютъ тѣнь, и благодаря этому видъ луннаго диска время отъ времени разнообразится. Это часто приводитъ къ тѣмъ же эффектамъ на поверхности луны особенную прелесть, такъ что даже Шредереръ многократно писалъ, что, вообще говоря, сухого и однообразнаго сознненія съ



ЛУННЫЙ КРАТЕРЪ ЛИННЕЙ.

одушевляемъ и въ поэтическихъ вырженіяхъ говорить о томъ впечатленіи, которое доставляетъ ему видъ этихъ переменъ. Какъ на такой примѣръ можно указать на описаніе Платона (рис. 170), относящееся къ тому моменту, когда солнце восходитъ надъ горой этого своеобразной мѣстности и въ началѣ золотитъ только вершины высочайшихъ горъ, между тѣмъ какъ ихъ подошвы еще остаются незатѣнными и вся внутренняя поверхность конусообразной горы покрыта мракомъ ночи. Когда же солнце здѣсь поднимается все выше и выше, постепенно дѣлается видимой все большая и большая часть высокаго вала, охватывающаго всю площадь, завѣную Платономъ, и темныя цѣлыя внутренней равнины, проходя черезъ разнообразныя отърозы, дѣлается все отъе и болѣе свѣтлымъ, и наконецъ противоположная солнцу сторона вся наливается ослѣдѣющимъ свѣтомъ, между тѣмъ какъ съ другой стороны высоты видъ оторсѣваетъ на угрюмую равнину еще темную гдѣ, которая исчезаетъ только тогда, когда солнце поднимается весьма высоко надъ вѣтвь ландшафтомъ. Несмотря на то, что полныя перодъ всѣхъ этихъ измѣненій равны земному мѣсяцу и составляетъ, следовательно, 29 лунныхъ сутокъ, въ некоторыхъ мѣстахъ лунной поверхности эти измѣненія происходятъ такъ быстро, что иногда, особенно во дни свѣтлой траницы, картина всего въ нѣсколько часовъ принимаетъ совершенно другой видъ.

Оставаясь въ сторонѣ на поверхности луны кажущихся, оптическія перемѣны, о которыхъ шла рѣчь выше необходимо замѣтить, что со времени изобрѣтенія трубы многие стремились открыть также и действительныя перемѣны. Такимъ образомъ между другими Шреутеръ и Грунхвайнсентъ (Grunhseim) употребили на это очень много времени и труда, и послѣдній изъ нихъ писалъ, что онъ не только замѣтилъ живыя перемѣны на поверхности луны, но также открылъ ясныя слѣды существованія жителей на этомъ тѣлѣ. Однако наблюденія, на которыхъ онъ основывалъ свои заключенія въ очень скоромъ времени оказались не болѣе какъ оптическимъ обманомъ, впрочемъ въ то время при недостаткѣ почти любыхъ прорительныхъ и подробныхъ картъ луны, не было никакого прочнаго фундамента для такого рѣшенія вопроса относительно перемѣнъ на поверхности луны. Съ тѣхъ поръ какъ появились общія карты луны Лормана, Медлера и Шмидта, и съ тѣхъ поръ какъ мы обладаемъ достаточно большимъ числомъ точныхъ рисунковъ различныхъ лунныхъ ландшафтовъ, мы въ этомъ отношеніи находимся въ гораздо болѣе одностороннемъ положеніи, чѣмъ были предшественники; но промежутокъ времени, отдѣляющій насъ отъ этихъ первыхъ точныхъ работъ, еще слишкомъ коротокъ, чтобы мы могли въ настоящее время обнаружить значительныя перемѣны на поверхности луны. Къ тому же эти перемѣны должны быть весьма большими, чтобы мы могли замѣтить ихъ даже при помощи нашихъ лучшихъ инструментовъ, такъ какъ луна, несмотря на свою сравнительную близость къ намъ, все же отстоитъ отъ насъ на 384000 километровъ. Впрочемъ только тѣ немногіе астрономы, которые изслѣдованіе луны поставили такъ сказать, дѣлею своей жизни, могутъ высказать вѣрное сужденіе о pozorяемыхъ перемѣнахъ на поверхности этого небеснаго тѣла. въ самомъ дѣлѣ, было замѣчено, что часто величественное измѣненіе въ высотѣ солнца уже можетъ придать ландшафту совершенно другой характеръ, и это обстоятельство уже неоднократно служило поводомъ къ ошибкамъ и заблужденіямъ тѣхъ такихъ лицъ, которые занимались наблюденіями луны только случайно. Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что часть астрономовъ еще и теперь весьма скептически относится къ реальности тѣхъ перемѣнъ, которыя, повидимому, происходятъ на поверхности луны въ настоящее время. Ниже разсмотрѣна наиболѣе замѣчательныя въ этихъ pozorяемыхъ перемѣнъ.

Въ октябрѣ 1866 года Шмидтъ обратилъ вниманіе на то, что лунный кратеръ Линнея въ Mare serenitatis (№ 51 въ квадрантѣ I нашей карты луны), который раньше Лорману, Медлеру и ему самому при ихъ измѣреніяхъ неоднократно представлялся въ видѣ кратера, исчезъ, и въ этомъ мѣстѣ вмѣсто кратера находится теперь только свѣтлое пятно (см. приложенію при семь таблицу). Вслѣдствіе того, нѣкоторые наблюдатели,

какъ, и примѣръ, Броуниинъ, утверждаютъ, что въ дѣйствительности Ливней вообще представляется въ видѣ свѣтлаго пятна, но что при измѣненіи освѣщенія весьма быстро мѣняется также и его видъ, и что онъ и теперь еще во время каждой луныи \*) бываетъ видимъ какъ кратеръ, но, правда, только въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

Если въ этомъ случаѣ дѣло идетъ объ исчезновеніи кратера, то въ 1877 году Клейнъ обратилъ вниманіе на новыя образованія, которыя появились въ области Гигиуса (№ 17 въ квадратъ I нашей карты). Эти образованія суть: кратеръ на сѣверо-западъ отъ Гигиуса и бороздообразное углубленіе на западъ отъ него, и оба эти образованія въ настоящее время настолько бросаются въ глаза, что едва ли бы они могли ускользнуть отъ вниманія прежнихъ сидерографовъ, если бы они въ то время существовали. Подобнымъ же образомъ Клейнъ полагаетъ, что лишь въ позднѣйшее время образовался красивый кратеръ въ Mare nectaris.

Какъ другой примѣръ перемѣнъ на поверхности луны приводятся два расположенные близко одинъ отъ другого кратера Мессе (№ 91 въ квадратъ IV нашей карты). На прежнихъ картахъ оба они начертаны въ видѣ совершенно круглыхъ кратеровъ, между тѣмъ какъ въ настоящее время одинъ изъ нихъ имѣетъ эллиптическую форму, а другой представляетъ прямоугোলникъ съ закругленными углами.

Точно также въ прежнія времена неоднократно указывали на то, что на несвѣщенной части луны буда бы появлялись новыя вулканы. Отнюдь на основаніи врилическаго изслѣдованія Метчера едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что это были лунныя кратеры Аристархъ, Конеранкъ и Келлеръ, изъ которыхъ особенно первый во время полнолуна свѣтъ освѣтителънымъ блескомъ. Въ томъ же своя большой отражательной способности отъ перько можетъ быть замѣченъ даже на несвѣтломъ свѣтѣ луны въ видѣ слабо освѣтленно пятна, имѣющаго большое сходство съ только-что потушнымъ углемъ.

§ 118 Жители луны. Несмотря на все то, что было изложено въ § 107, не только наши поэты, но также многие астрономы охотно представляютъ себя, что для пустыня населена жителями, подобными намъ. Поэтовъ никою не осмѣлится осуждать за такую поэтическую вольность, такъ какъ, съ одной стороны, веѣ мы выбирали это несвое свѣтло своимъ повѣрившимъ, чтобы не сказать другому, въ то уже прошедшее или болѣе части нашихъ читателей время розовой юности, когда болѣе живая сила воображенія действо и охотно уносится въ вышнія области, и такъ какъ, съ другой стороны, и въ благодать удивительно перемѣнамъ своего вѣнчаннаго вида и благодать своему арному веселу, земничеству не только блескъ невольныхъ звѣздъ, но также блескъ Венера и Венера притягивать къ себѣ даже самыхъ равнодушныхъ людеъ, разв только они обращаютъ свои взоры на усѣяннае звѣздами небо:

...Hesperus, that led

The starry horst, rode brightest; till the Moon  
Rising in clouded majesty, at length

Apparent queen, havelled her peerless form,  
And o'er the dark her silver mantle threw\*\*).

Milton.

\*) Луна дѣлъ сдѣлываетъ л периоды времени, въ теченіе которъ луна проходитъ черезъ веѣ лвы и экваторъ Земли, и озвучиваю отъ себѣ различныя, какъ время периодическаго оброта луны.

Переводчикъ

\*\*). Тотъ же, который, здею близкая, спидъ во глабъ сезочиделнаго маюствовъ звѣздъ дѣлать въ рѣзкѣ уаго вадъ въ туманн ма геличи, не др поддъ, иконедъ, си от чѣму несвѣтна. И въ титон дѣлны и о в сире те дъ свѣтъ серѣброво манни надъ господствѣнннхъ всюду мракомъ.

Miltonian.

Что жители луны, если только они там вообще существуют, должны были совершенно оторваны от нас самих и вообще от всех существ, которые мы видим у нас на землѣ, въ этомъ читтели едва ли станутъ сомнѣваться, если только они изъ предъидущаго вѣроятнаго что на лунѣ, по крайней мѣрѣ, на обращенномъ къ намъ ея полушарии, совсѣмъ нѣтъ атмосферы, сходной съ нашей земной, и потому также вовсе не можетъ быть воды. Этого неостаточно разума и воли, въ связи съ отсутствіемъ различія между отдельными временами года на лунѣ, должны имѣть не живую и растительную жизнь на поверхности этого небеснаго тѣла такое большое и существоющее владѣе, что намъ трудно даже себѣ представить все вытекающія отсюда вѣдѣнія хотя бы въ сѣмьхъ общихъ чертахъ. Мога ли бытъ, на лунѣ живыя существа, подобно нашимъ рыбамъ, населяющъ только сѣмьхъ глубокія части ея поверхности, или, подобно нашимъ жукамъ и дождевымъ червямъ, обитая по цѣльхъ глубокимъ подземнымъ ходамъ, или въ копецѣ, а можетъ подобно устрицамъ дѣлать отмети, проводить свою жиь въ полномъ бездѣльствіи. Или мога ли бытъ, наоборотъ, мы должны допустить, что жители луны такъ же малы такъ же многочислы и дѣлательны, какъ наши муравьи, и что по сему не цѣль одной жиь въ удобныхъ и обширныхъ домахъ ихъ жиеть не меньше, чѣмъ мы можемъ насчитать жителей у насъ въ Парижѣ или Лондонѣ? И послѣди только потому, что мы сами жиёмъ на поверхности нашей земли, мы должны принуждаться къ такому же образу жизни также жителей другихъ небесныхъ тѣлъ?

Мы уже неоднократно говорили, что земля представляется жителямъ луны съ вѣльшма, который въ 13 разъ болѣе великъ чѣмъ земной шаръ и что длинныя ея стороны имѣютъ въ себѣ самыя дѣльыя долины, которыя мы видимъ у луны. Хотя ея ширина по отношению къ такому большому телу должна быть она едва ли больше, чѣмъ ея ширина на землѣ, не менѣе и не дѣльыя долины, нѣтъ недостатка въ тѣхъхъ горахъ, которые совершенно не заботятся о томъ, что происходитъ надъ ними на небесной сферѣ. Но зато какъ господь по весьма цѣльхъ причинамъ принуждены пролѣтъ въ цѣльхъ болѣе высокое и узкое, если взглянуть нарушителя общаго течения природы и въ упомянутомъ болѣе высокое тѣльхъ живя въ подолоніи между луной и солнцемъ, изобрѣсти это вѣдѣние отъ жителей луны и такимъ образомъ изобрѣсти все кругомъ въ глубинѣ мрака. Такъ, жители, болѣе смѣлѣны, и на лунѣ, по крайней мѣрѣ, на тѣхъхъ, служъхъ временами страха и ужаса, совершенно такъ же какъ въ свое время это имѣюмъ бытъ такъ же и у насъ на землѣ и, прѣдъдѣльхъ съ Фолклендъ земъ мы можемъ спросить, въ какъхъ основаніи жители луны должны бытъ умнѣе и развитѣе, чѣмъ мы?

Но хотя въ этомъ отношеніи они и очень похожи на насъ, нѣтъ ли менѣе во многихъ другихъ отношеніяхъ они конечно, должны сильно отличаться отъ насъ, и если бы намъ представлялся случай близко встрѣтиться съ ними то мы безъ сомнѣнія увидѣли бы въ ихъ вѣдѣнному виду и во всемъ рѣдѣ ихъ организаци, совершенно такъ же, какъ, въ своею очередь, и они признали бы въ насъ много отъ насъ, если бы намъ пришлось встрѣтиться съ нами лицомъ къ лицу. Конечно, они не могутъ представлять себѣ того, что дѣлается у насъ стѣль на землѣ, совершенно такъ же, какъ и мы, вероятно, не можемъ представить себѣ лицаго повиданіи отъ ихъ образъ жизни. Но отсюда выходясь сразомъ не съдѣлать, то ли ели луны менѣе смѣлѣны и менѣе доволны своею жизнью, чѣмъ мы сами. У гравитаци, несомнѣнно, есть достаточно способность воздѣлывать ихъ за то, что мы въ вѣдѣнному живемъ нами. Ихъ поля не орошаются дождемъ но зато они также не нуждаются въ томъ. Имъ нѣтъ вѣдѣнія ни утрення, ни вечерня зорь, но за то они вѣдѣнному также ни съ облаками, ни съ живыми, которые могли бы затонить ихъ поля, ни съ ураганами, которые могли бы разрушить ихъ жилища. Положимъ, они не любятъ радуги, но за то не прѣдпочитаютъ имѣть вѣдѣния также грозныхъ молній, и кромѣ того раскаты грома не тревожатъ ихъ отъ сна, въ которомъ тихо и мирно проводятъ они свои дни, между

Тѣмъ какъ намъ постоянно приходится бороться трудъ съ другомъ и со всѣмъ, что насъ окружаетъ. И въ то время какъ у насъ радости часто смѣняются раскаянiемъ и горемъ, они могутъ-быть, совершенно незнакомы ни съ тѣмъ, ни съ другимъ. Если мы, которые съ плохо скрываемою торжествою вышаемъ на нашихъ такъ называемыхъ слугъ и на жителей луны, если мы, или по крайней мѣрѣ, лучше изъ насъ, въ дѣлательной, покрывтой славой и почетомъ жизни ищемъ счастья и не находимъ его, то они въ своемъ вѣчномъ покоѣ, могутъ-быть, вовсе не заботятся о призрачной славѣ, но смѣло этого они наслаждаются хотя и менѣе блестящимъ, но за то болѣе чистымъ и болѣе прочнымъ счастьемъ, и потому у нихъ нѣтъ никакой причины завидовать намъ въ нашей жизненной суетѣ. Если они, можетъ-быть, еще не изобрѣли искусства кинопечатанiя и если вѣдьство этого нѣсколько отстало отъ насъ въ своихъ школахъ и университетахъ, или, какъ говорятъ, еще не издумали пороха, за то осталась для нихъ неизвѣстной также наша высшая тактика, благодаря которой мы, часто сами не зная для чего, въ одинъ часъ убиваемъ нѣсколько тысячъ нашихъ братьевъ въ вѣнцѣхъ города обращаемъ въ груду пепла, а счастливыя страны въ пустыни и въ поля, усыпавшия трупами. Но развѣ мы призвали бы вышеприведенныя контрасты, то кто могъ бы осудить насъ, если бы мы стали искать тамъ вверху уже давно улетѣвшiя съ земли изъ урны Пандоры блага, а именно вѣчную миръ, о которомъ мы тѣсно мечтаемъ уже съ давнихъ поръ, золотой вѣкъ, который воплѣдается только въ нашихъ стихотворенiяхъ и въ историческую правду, которая, согласно съ прекраснымъ поэтическимъ произведенiемъ Аросто сохраняется, вмѣстѣ съ полярнымъ сдвигамъ смысломъ тѣлахъ ученыхъ и дерзковъ, тамъ вверху, подъ приемникомъ, особито теня въ особыхъ стеклянкахъ и потому такъ рѣдко встрѣчается здѣсь внизу!

§ 119. Сношенiя съ жителями луны. Такъ какъ мы, какъ это извѣстно изъ вышеприведеннаго, не можемъ надѣяться совершить путешествiя на луну, то для знакомства съ ея жителями намъ не остается ничего другого, какъ организовать своего рода корреспонденцию съ ними. Какимъ же образомъ осуществить это? О почтѣ и о пакетахъ нечего и думать. Но, можетъ-быть, можно воспользоваться оптичскимъ телеграфомъ? Отлшко въ этомъ случаѣ надо устроить нѣчто весьма рѣдкое, чтобы сигналы были видны на разстоянii 384000 километровъ. Впрочемъ, эти затрудненiя, пожалуй, можно было бы устранить, если только не жалѣть ни труда ни расходовъ, гораздо болѣешее, съ трудомъ устраняемое затрудненiе представляеть выборъ знаковъ и языка для телеграфной корреспонденции. Какъ бы много излововъ не встрѣчалось у насъ на землѣ, тѣмъ не менѣе рѣдъ они могутъ быть неизвѣстны на лунѣ и весьма возможно, что люди тамъ не только имеютъ собственно никакимъ языкомъ, а объясняются другъ съ другомъ какимъ-нибудь совершенно инымъ способомъ. Какие же знаки можно было бы употребить для нашей цѣли? Эти знаки во всякомъ случаѣ совершенно произвольны, но чтобы можно было трудъ другъ понимать, необходимо предварительно уговориться относительно нихъ. Какъ же можно провести такой предварительный уговоръ, когда у насъ нѣтъ для этого никакихъ способовъ? Введенiе такого затрудненiя одинъ изъ выходящихъ нашихъ геометровъ сдѣлать предложенiе, которое на первый взглядъ кажется весьма необыкновеннымъ, но при слѣдк и еднѣ разсмотрѣнii все же оказывается единственно возможнымъ, и которое поэтому заслуживаетъ здѣсь краткаго упоминанiя.

Отъ захотѣть видъ того предложенiя, что люди на лунѣ суть существа, одаренныя разумомъ. Кто-то желаетъ того достигнуть, для того отысканiе способовъ сношенiя съ ними, а кто-то совершенно равнодушны и даже глумятся. Но если они, заключаетъ онъ, разумны, то они суть разумныя существа, то въ виду того, что разумъ ведудъ долженъ обладать силой и тогда же силы должны изучать собственно умственную науку съ ея ма-мъ-малъ. Если же они заниматели математикой, то они не могутъ не знать по крайней

мѣръ основныхъ предположеній геометрии. Если поэтому на поверхности земли на какой-нибудь обширной равнинѣ воспроизвести въ какомъ-нибудь масштабѣ чертежъ, относящийся къ одной изъ проѣшанныхъ теоремъ элементарной геометрии (напр., къ такъ называемой Пифагоровой теоремѣ, то они, вѣроятно, обратятъ внимание на такую фигуру и, молча, быль, соврѣм. немъ отвѣтитъ вамъ начертанвй подобную же фигуру съ-аналогич. на поверхности луны, и такимъ образомъ гдѣ-нибудь вамъ вѣсть, что они насъ познати. Единъ путемъ мы по краиней мѣрѣ убѣдились бы, что тамъ сѣе существа оцаренныя разумомъ, и что стоить потратить трудъ на разработку способовъ сообщенія съ ними. Но развѣ быть бы сдѣлать теревы шатъ для болѣе отдален. отъ кометъ съ жителями луны, то, въ случаѣ удачи этого перваго опыта, и послѣдств. вѣроятно, сдѣлаю домысливан. бы отныне съ другими.

## Г Л А В А XII.

### Спутники вѣшнихъ планетъ.

#### I. Спутники Марса.

§ 120. **Открытие спутниковъ Марса.** Открытiе спутниковъ Марса сдѣланное Азафомъ Уоллемъ въ 1877 году представляетъ одну изъ интереснѣшнихъ эпохъ въ исторiи астрономiи, такъ какъ оно тогда же превосходство тѣлескопическихъ рефракторовъ новѣйшаго времени надъ самыми сильными рефракторами предыдущаго вѣсннства, совершенно такъ же, какъ открытiе спутниковъ Юпитера, сдѣланное Галилеемъ, вскорѣ послѣ изобрѣтенiя зрительной трубы, указало превосходство этого инструмента надъ невооруженнымъ глазомъ. Мы считаемъ своимъ долгомъ въсколько подробнѣе остановиться на исторiи открытiя этихъ небесныхъ тѣлъ и вообще на раисмотрѣнiи системы Марса, такъ какъ спутники Марса представляютъ въ некоторомъ отношенiи, спутники которызъ нѣтъ прѣхителенъ отнести къ интереснѣшнимъ тѣламъ нашей солнечной системы.

Мысли относительно того, что Марсъ и вообще вѣш. планеты, подобно землѣ, могутъ имѣть спутниковъ, была вполнѣ ясно высказана Кеплеромъ только послѣ открытiя спутниковъ Юпитера. Когда сдѣлалось извѣстнымъ открытiе спутниковъ Юпитера, то многие стали выражать сомнѣнiе относительно ихъ существованiя и вообще относительно дѣйствительности астрономическихъ открытiй Галилея. Поэтому Кеплеръ въ защиту Галилея написалъ «Dissertatio cum Nuncio Sidereo super ad mortales misso», гдѣ между прочимъ находимъ слѣдующее мѣсто:

«... quantum abest, ut fides tibi in reliquo h'ico et de 4 circum Jovialibus planetis derogem ut potius optem. mihi in parato jam esse perspicillum, quo te in {deprehendis circum Martialibus (ut mihi proportio videtur requirere) duobus et circum Saturnis 6 vel 8 praevertam, uno forsari et altero circum Venerae et circum Mercurii accessuro (Dr. Ch. Frisch, J. Kepleri Opera omnia, Vol. II, pag. 491)\*».

Въ дѣствительности Кеплеръ самъ весьма усердно искалъ подозриваемыхъ спутниковъ Марса, какъ объ этомъ можно заключить на основанiи различныхъ замѣтокъ въ его сочиненiяхъ и прежде всего въ его «Narratio de Jovis Satellitibus», и даже нѣкоторое время онъ полагалъ, что Галилей уже открылъ ихъ, такъ какъ онъ анаграмму

Smaismrmilmo poefalemibmepnigdlauris,

\*) и впрочемъ не сомнѣвался въ томъ, что ты добьдешъ въ оставшей части св. ой книж. о 4 спутникахъ Юпитера, мало того, я даже хотѣлъ бы, чтобы у меня истощилъ сила твое при и мои и катрой и гиндле телъ мой бы открытъ двухъ этого, мѣдъ вачеюи, пресветлѣ пропорциональности спутниковъ Марса и шести планетъ спутникъ въ Сатурна, въ этому, мѣдъ бы-быть дробиватъ и одво ртлъ два спутника Венеры и Меркурия.

при помощи которой Галилей въ началѣ июля 1610 года извѣстилъ ученый міръ о своемъ необыкновенномъ астрономическомъ открытіи, раскрывъ, превративъ ее въ слѣдующимъ, наполовину варварски, какъ онъ самъ сознается, стихъ:

*Salve, umbraeque geminatae Martia proles.*

Самъ же Галилей, какъ извѣстно, этой анаграммой хотѣлъ указать на то, что Сатурнъ въ зрительную трубу представляется въ особенномъ видѣ, и въ слѣдующемъ году по просьбѣ императора Рудольфа II онъ далъ слѣдующее рѣшене вышеприведенной анаграммы:

*Altissimum planetam tergeminum observavi.*

Допадки Кеплера, которыя, повидимому, блестящимъ образомъ подтвердились, когда были открыты первые спутники Сатурна, послужили поводомъ къ новымъ поискамъ спутниковъ Марса, но неудачи, сопровождавшія эти поиски, доставили остроумнымъ людямъ XVIII-го столѣтія, какъ кажется, давно желаннымъ случаемъ осмѣять доводы, подобныя вышеприведеннымъ, и основанное на нихъ стремленіе отыскать новыя вѣла. Такъ, напр., Свифтъ въ своей знаменитой сатирѣ «*Travels of Mr. L. Gulliver, 1726*» (Путешествіе Гулливера), описывая прибытіе Гулливера къ одному народу, который находился въ постоянномъ страхѣ передъ столкновеньемъ съ хвостомъ кометы или передъ какимъ-нибудь другимъ небеснымъ переворотомъ, въ страхѣ, доходившемъ до того, что они не могли спокойно спать и вообще не могли пользоваться никакимъ бы то ни было удовольствіемъ, между прочимъ говорить:

*They spend the greatest part of their lives in observing the celestial bodies, which they do by the assistance of glasses, far exceeding ours in goodness. This advantage has enabled them, to extend their discoveries much farther than our astronomers in Europe, for they have made a catalogue of 10000 fixed stars, whereas the largest of ours do not contain above one third of that number. They have likewise discovered two lesser stars or satellites which revolve about Mars, whereof the innermost is distant from the centre of the primary planet exactly three of his diameters and the outermost five, the former revolves in the space of 10 hours and the latter in 24 — so that the squares of their periodical times are very near in the same proportion with the cubes of their distance from the centre of Mars.*

Подобнымъ же образомъ, но только еще съ болѣею проницательностію говорить о спутникахъ Марса Вольтеръ въ своемъ «*Micromégas*». Микромегасъ, житель Сириуса, за свои соображенія добываетъ рублики и потому имѣетъ съ нѣсколькими друзьями покинуть съ оружіемъ въ рукѣхъ чтобы послѣдить за движеніемъ Солнечной системы Ихъ путешествіе Вольтеръ описываетъ слѣдующимъ образомъ:

*En sortant de Jupiter ils traverserent un espace d'environ cent millions de lieues et ils découvrirent la planète de Mars qui, comme on sait, est cinq fois plus petite que notre petite globe. Ils virent deux lunes qui servent à cette planète, et qui ont éclipé aux regards des nos astronomes. Je suis bien que le père Castel écrivit, et même plus souvent, contre l'existence*

\*) Они тратятъ болѣешую часть своей жизни на наблюденія небесныхъ вѣлъ, для чего употребляютъ свои микроскопы, гораздо превосходнѣе нашихъ астрономическихъ инструментовъ. Благодаря такому преимуществу они въ своемъ открытій далеко опередили насъ въ числѣ звездъ и созвездій. Такъ, они составили каталогъ, содержащій 10000 неподвижныхъ звездъ, тогда какъ въ нашихъ каталогахъ держатъ не болѣе одной тысячи. Они также открыли два спутниковъ Марса, изъ кото- рыхъ ближайшій къ планетѣ отстоитъ на три ея диаметра, а дальнѣйшій — на пять. Периодическія времена ихъ вращенія около планеты въ 10 часовъ, въ сравненіи съ вѣчными вращеніями ихъ вѣрнѣе обращенія относятся между собою прибли- зительно какъ кубы ихъ разстояній отъ центра Марса.



de ces deux lunes; mais je m'en rapporte à ceux qui raisonnent par analogie. Ces bons philosophes-la savent combien il serait difficile, que Mars, qui est si loin du soleil, se passât à moins de deux lunes \*).

Когда даже поиски спутниковъ Марса, произведенные Гершелемъ при помощи его могущественнаго зеркальнаго телескопа, остались безуспешными, среди астрономовъ все болѣе и болѣе сталъ укореняться взглядъ, что Марсъ вообще не имѣетъ спутниковъ, и даже неоднократно считали это положеніе вполне доказаннымъ. Напримеръ, Мендлеръ, такъ много сдѣлавшій для топографіи нашей солнечной системы, между прочимъ говорить слѣдующее:

... На основаніи всего вышесказаннаго едва ли можно смотрѣть на Марса какъ на небесное тѣло, въ физическомъ отношеніи весьма похожее на нашу землю. Существеннѣйшая разница между Марсомъ и землею состоитъ въ томъ, что Марсъ обладаетъ значительно меньшимъ диаметромъ, чѣмъ земля, эксцентриситетъ его орбиты имѣетъ довольно большую величину, и наконецъ у Марса нѣтъ спутника, что слѣдуетъ считать вполне доказаннымъ \*\*).

Защитники такого взгляда ссылались на цѣлый рядъ доказательствъ, среди которыхъ не послѣднюю роль стоило играть старое предельное о землѣ какъ о небесномъ тѣлѣ, если и не самомъ неслучайномъ изъ всѣхъ, то во всякомъ случаѣ какъ объ одномъ изъ наиболее исключительныхъ. Съ другой стороны въра въ существованіе спутника у Марса все же не исчезла совершенно, и приверженцы взгляда, противоположнаго только что высказанному, также не затруднялись въ выборѣ доказательствъ. Оставляя въ сторону аналогию съ другими планетами, они въ защиту своей мѣтніи между прочимъ приводили, кегати сказать, совершенно ошибочное и, какъ мы увидѣли выше, подлежащимъ образамъ осмѣянное Вольтеромъ положеніе, что главную часть спутниковъ составляютъ осмѣиены и украшеніе полярн. планеты, и что поэтому болѣе удаленныя отъ солнца планеты болѣе нуждаются въ спутникахъ, такъ какъ на этихъ планетахъ темн. никогда не бывають такимъ яркимъ, какъ на ближайшихъ къ солнцу планетахъ. Причину же, почему спутникъ или даже спутники Марса еще не были открыты, со времени Боде обыкновенно объясняли слѣдующимъ образомъ. Такъ какъ самъ Марсъ немалка и не сильно отражаетъ солнечный свѣтъ, то можно подозрѣвать, что об. эти обстоятельство имѣють мѣсто также и относительно спутниковъ Марса. Поэтому они върадно, свѣтятся очень слабо и могутъ быть замѣнены только во время благоприятныхъ оппозицій при помощи лучшихъ астрономическихъ инструментовъ. Если, кромѣ того, разстояніе, отдѣляющее ихъ отъ главной планеты, значательно больше ея диаметра, то во время благоприятныхъ оппозицій они могутъ быть удалены отъ нея на нѣсколько градусовъ, что особенно тяжело затруднить ихъ отысканіе, если въ тому же плоскости ихъ орбиты наклонены къ плоскости эклиптики подъ довольно большими углами.

Хотя очень много писали какъ за, такъ и противъ существованія спутниковъ Марса, однако, несмотря на это, въ течение всей первой половины XIX столѣтія никто,

\* ) Отправивши въ съ поверхность Юпитера, они проѣхали пр. странство въ 100 милл. миль, причемъ они пролетѣтъ мимо Марса, который, какъ извѣстно, въ пять разъ меньше нашего маленькаго земнаго шара, и у этой планеты они видѣли двѣ луны, у которыхъ нѣтъ ровъ нашихъ астрономовъ. И точно знаю, что отецъ Кастель въ идеальной формѣ судитъ о существованіи этихъ двухъ лунъ; но и ссылаюсь на тѣхъ, кто дѣлаетъ аналогію на основании аналогій. Эта прекрасные философы являютъ, наконецъ было бы трудно Марсу находящемуся на такомъ далекомъ разстояніи отъ солнца об. имѣть по крайней мѣрѣ двѣ луны.

\*\* ) W. B. Gould and Dr. J. H. Mallet. Beiträge zu phys. Kenntniss der Himmelskörper, стр. 125.

таже не представляли обстоятельных и достаточно обширных поисков этих небесных тел. Только к 1865 г. Д'Арре обратил внимание на то, что отыскивание спутника Марса в разстоянии нескольких градусов от планеты представлять не только безвредную, но и вместе с тем и безвредную работу, так как, напротив того, было вводимым является предположение, что существующий спутник Марса до сих пор ускользает от наших наблюдений вследствие вышеуказанных причин, а именно: что чрезвычайной близости к планете. При небольшой массе Марса сидерическое время обращения спутника, который во время благоприятной оппозиции мог бы состоять от главной планеты не 1:10, было бы больше, чем время обращения самой планеты, но сделать такое предположение нам не дает права ни один из известных нам спутников, даже наиболее удаленных от главной планеты. В нижеследующей таблице дано наибольшее удаление спутника от Марса, соответствующее различным величинам сидерического времени обращения спутника, причем разстояние Марса от земли для времени оппозиции принято равным 0,52.

Сидер. время обращения спут- ника Марса	Наибольш. удален- ности спутн. от планеты в время оппозиции.	Сидер. время обращения спут- ника Марса.	Наибольш. удале- ние спутн. от планеты во время оппозиции.
1 сутки	0,9'	16 суток	5,7'
2 »	1,4'	27,32 »	8,2'
4 »	2,3'	100 »	19,4'
7 »	3 »	200 »	30,8'
11 »	4,4		

В 1864 году, когда оппозиция Марса была во всяком случае не очень благоприятная, Д'Арре сам вел наблюдение спутника Марса по такому плану, что от него едва ли бы удавалось спутник даже 12 величины, если бы наибольшее удаление его от планеты могло составлять от 8 до 10. Но меньшее разстояние от планеты он также при помощи благоприятных обстоятельств не мог бы заметить никакую слабую звезду при помощи рефрактора Копенгагенской обсерватории.

В таком положении находится дело, когда Алафь Холь весной 1877 года начал свои наблюдения при помощи принадлежащего Вашингтонской обсерватории большого рефрактора, обладая, которое в диаметр имел 66 сантиметров и который в оптиках равных Ньютоном был уже дал превосходные результаты по отношению к системам Урана и Плутона. Алафь Холь тотчас же возымел мысль воспользоваться при помощи благоприятной оппозиции Марса для систематических поисков спутника этой планеты. После пересмотра литературы этого предмета шансы на успех показались ему настолько видными, что он, по его собственным словам, отказался бы от этого первоначального намерения, если бы его жена не побуждала его выполнить то, что раз было задумано.

Поэтому, когда в начале августа планета достигла настолько значительного геоцентрического тень, что благодаря этому можно было легко отличить спутника от множества несильных слабых звезд находящихся вблизи видимой орбиты Марса, А. Холь решил идти к своему доверкам и при этом прежде всего занялся исследованием звезд с помощью зонки, находившихся сравнительно далеко от планеты. Но так как среди этих звезд не было ни одной, которая обладала бы собственным движением, то он решил попробовать исследовать пространство, непосредственно прилегающее к Марсу, но только в эту самую ночь, именно в 2½ часа утра, ему повезло заметить звезду с звездой, находясь на расстоянии 71' к северо-востоку от Марса определяли до сих пор для этой звезды собственным движением или была неподвижной, ему удалось обнаружить ее в короткое время вследствие поминания ее Потомака

тумана ее нельзя было больше видѣть. Вслѣдствіе облачнаго неба и въ слѣдующіе вечера нельзя было производить наблюденій; поэтому только 16 августа Холль могъ съ увѣренностью доказать, что слабая звѣздочка, замѣченная имъ въ этотъ вечеръ къ востоку отъ планеты и тождественная, какъ показали позднѣйшія вычисления, съ той звѣздочкой, которую онъ наблюдалъ 11 августа, была именно спутникомъ Марса. Когда онъ 17 августа внимательно слѣдилъ за этимъ спутникомъ, онъ открылъ еще второго, болѣе близкаго къ планетѣ, который въ слѣдующіе дни дѣлался для него все болѣе и болѣе загадочнымъ; въ самомъ дѣлѣ, онъ въ одну и ту же ночь появлялся съ разныхъ сторонъ отъ Марса, и Холль вначалѣ даже думалъ, что существуютъ два или три внутреннихъ спутника, такъ какъ ему, конечно, представлялось весьма невѣроятнымъ, чтобы время обращенія спутника около планеты было короче времени вращенія планеты около оси. Поэтому 20 и 21 августа онъ слѣдилъ за Марсомъ въ теченіе цѣлой ночи и такимъ образомъ убѣдился, что существуетъ только одинъ внутренний спутникъ, и что время обращенія его около Марса приблизительно въ три раза короче времени вращенія Марса около оси. случив, единственный въ нашей солнечной системѣ.

Изъ различныхъ именъ, предложенныхъ для новыхъ небесныхъ тѣлъ, Холль выбралъ для внешнего спутника имя Деймосъ и для внутреннего имя Фобосъ, — имена, на которыя обратилъ вниманіе Маданъ изъ Эвонгъ, такъ какъ, согласно съ греческой мифологіей, Деймосъ и Фобосъ, олицетворившіе собой страхъ и ужасъ, были сыновьями и обычными спутниками бога войны Ареса (Марса) и запрягали ему лошадей, какъ только онъ собирался принять участіе въ смертельной битвѣ. Такъ, Гомеръ слѣдующимъ образомъ описываетъ тотъ моментъ, когда Аресъ собирался воевать въ рядахъ грековъ, чтобы отмстить за смерть своего сына Аскалафа:

Рекъ, и тогдажъ повелѣлъ онъ и Страху, и Ужасу коней

Вирячь; а самъ покрывался оружіемъ пламеннозарнымъ.

(Иліада, XV).

Когда открыты спутники Марса сдѣлались извѣстными, и именно постъ того какъ Холль вычислилъ первыя эфемериды этихъ спутниковъ, съ этими небесными тѣлами случилось совершенно то же самое, что на два десятилѣтія раньше имѣло мѣсто относительно спутника Сатурна чтобы открыть ихъ, для этого требовались наибольшіе изъ существовавшихъ въ то время рефракторовъ, а разъ они уже были открыты, то ихъ легко можно было видѣть при помощи гораздо меньшихъ инструментовъ. Такъ, спутники Марса тоже были найдены на обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа въ Кембриджѣ (въ Сѣв. Америкѣ) при помощи рефрактора Мерца съ объективомъ въ 38 сантиметровъ и въ Глазгоу, (въ Сѣвер. Америкѣ) при помощи рефрактора Кларка съ объективомъ въ 31 см.; а Деймоса Вентвортъ Эркъ въ Шерринтонѣ въ Ирландіи наблюдалъ даже при помощи трубы Кларка съ объективомъ въ 19 см., причемъ онъ посредствомъ диафрагмы уменьшалъ отверстіе объектива до  $12\frac{1}{3}$  см. Точно также Трувелло нѣсколько разъ видѣлъ Деймоса при помощи принадлежавшей Гарвардскому Колледжу трубы съ объективомъ въ 16 сантиметровъ. Впрочемъ, что касается послѣднихъ наблюденій, то они свидѣтельствуютъ не только о превосходныхъ качествахъ инструментовъ, которыми пользовались наблюдатели, но также о совершенно необыкновенной чувствительности глаза наблюдателей къ слабымъ свѣтовымъ впечатлѣніямъ. Но это нисколько не противорѣчитъ тому, что было сказано вначалѣ, такъ какъ одно дѣло — открыть слабый предметъ, и совершенно другое — отыскать его послѣ открытія, въ особенности, когда точно извѣстно мѣсто, гдѣ его надо искать. И здѣсь оказывается вѣрной вышеприведенная аналогія со спутниками Юпитера: лица, которые при благоприятныхъ обстоятельствахъ могутъ видѣть того или другого изъ спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ, встрѣчаются, какъ мы ниже увидимъ (§ 122), не очень рѣдко;

но, несмотря на это, можно съ полною увѣренностью утверждать, что спутники Юпитера никогда не могли бы быть открыты безъ помощи зрительной трубы.

§ 121 **Размѣры спутниковъ Марса и ихъ движеніе.** Еще въ 1877 году Хольмъ и другие наблюдатели попытались определить видимую яркость спутниковъ Марса черезъ сравненіе ихъ съ звездами звѣздныи, которыя Марсъ встрѣчалъ на своемъ пути, и нашли, что эти спутники по яркости должны быть отнесены къ звѣздамъ 12-и величины. Такимъ образомъ видно ясно, что яркость ихъ наблюдены обуславливается исключительно ихъ близостью къ чертѣ зурь яркой главной планеты. Къ тому же результату мы приходимъ также на основаніи слѣдующихъ соображеній. Изъ соображеній между собою наблюдений различнѣхъ лицъ оказывается, что Фобосъ замѣтнымъ образомъ ярче Деймоса, какъ въ этомъ легко можно убѣдиться, сравнивши ихъ между собою тогда, когда оба спутника находятся близко одинъ отъ другого. Кроме того, это слѣдуетъ также и изъ того, что Фобоса можно наблюдать при меньшихъ разстояніяхъ отъ планеты, чѣмъ Деймоса. Но, несмотря на это, наблюдать Фобоса вообще гораздо труднѣе, чѣмъ Деймоса, такъ какъ онъ даже при вѣдѣннѣйшемъ удаленіи отъ Марса, такъ сказать, затмѣвается блескомъ этой планеты.

Наиболѣе вѣроятныя измѣренія яркости спутниковъ Марса были произведены астрономомъ-обсерваторомъ при Гарвардскомъ Колледжѣ, Э. Пикералломъ, и на основаніи его наблюденья три средней яркости этихъ спутниковъ во время оппозиціи можно принять слѣдующія величины:

Фобосъ . . . . .	12.0
Деймосъ . . . . .	12.3

Плоскости орбитъ спутниковъ Марса почти вполнѣ совпадаютъ съ плоскостью экватора самой планеты. Принимая допущеніе этого астронома согласно съ повѣреннымъ образомъ Флукстара дали мы, получаемъ для опредѣленія положеній плоскостей орбитъ спутниковъ Марса слѣдующія величины, отнесенныя къ ридиантасію и въ экваторѣ (1877).

	Долгота восх. узла.	Наклонность.
Экваторъ Марса . . . . .	84°28'	26°21'
Орбита Фобоса . . . . .	82°55'	26°17'
Орбита Деймоса . . . . .	85°32'	25°47'

По своимъ размѣрамъ спутники Марса занимаютъ среди остальныхъ спутниковъ приблизительно такое же мѣсто, какое астероиды занимаютъ среди остальныхъ планетъ. Если мы, на основаніи изслѣдованій Целлнера, примемъ, что во время оппозиціи Марсъ въ среднемъ въ восемь разъ ярче звѣзды первой величины Канеллы, то изъ вышеприведенныхъ данныхъ относительно яркости спутниковъ слѣдуетъ, что Марсъ превосходитъ по яркости Фобоса въ 508000 разъ и Деймоса въ 655000 разъ. Податая дальнѣе, что отражательная способность спутника равна отрицательной способности главной планеты, мы отсюда выводимъ, что диаметры Фобоса и Деймоса соотвѣтственно равны 0,0014 и 0,0012 диаметра Марса. Принимая же для диаметра Марса 6750 километровъ, мы найдемъ, что диаметръ Фобоса равенъ 9,4 километрамъ, а диаметръ Деймоса 8,1 километрамъ, или соотвѣтственно 1,3 и 1,1 географическимъ милямъ. Сообразно съ этимъ, весьма малы должны быть также и видимые размѣры этихъ спутниковъ, если наблюдать ихъ съ поверхности Марса, несмотря на то, что они находятся такъ близко къ планетѣ. Именно, диаметръ Марса Фобосъ усматривается подъ угломъ въ 3,6°, а Деймосъ подъ угломъ въ 1,2°. Изъ этихъ диаметровъ Деймоса, усматриваемыя съ Марса, въ 24  $\frac{1}{2}$  разъ меньше, чѣмъ диаметръ Луны усматриваемыя съ Земли, и, следовательно, поверхность Деймоса, усматриваемая съ Марса, въ 600 разъ меньше поверхности Луны, усматриваемой съ Земли. Подобнымъ образомъ Марсъ, если только они не обладаютъ болѣе острымъ зрѣніемъ, чѣмъ мы, въ мѣсяцѣ, въ 600 разъ меньше, чѣмъ слѣдуетъ видѣть фазы Деймоса, совершенно такъ же, какъ мы

не видимъ фазъ Венеры. При такихъ условияхъ едва ли надо доказывать, что освѣщеніе ночей Марса не составляетъ главной дѣли его спутниковъ.

Но что самое замѣчательное въ системѣ Марса, это весьма короткое время обращения Фобоса около центральной планеты. Именно, Фобосъ совершаетъ полный кругъ около Марса въ 7,65 часовъ, между тѣмъ какъ Марсъ совершаетъ полный оборотъ около солнца въ 24,62 часа, поэтому видимое въ умовѣ марса (геоцентрическое) движение Фобоса въ одну часть составляетъ 47,06°, а геоцентрическое же движение к востоку отъ пункта на поверхности Марса въ ту же промежутокъ времени составляетъ только 14,62°, и, следовательно, движение Фобоса усматриваемое изъ какова-нибудь пункта на поверхности Марса въ часть составляетъ  $47,06^\circ - 14,62^\circ = 32,44^\circ$  въ 24,62 часа, 800 т. е. приблизительно 2% годовыхъ оборота. Поэтому въ любую точку на поверхности Марса наблюдательное движение Фобоса въ течение сутокъ совершается около планеты болѣе двухъ оборотовъ. Кроме того, близость спутника къ планетѣ заставляетъ и собору, какъ свѣтлѣе, еще другое замѣчательное явленіе. Если предположить, что свѣтло, проходящее во время кульминаціи черезъ зенитъ какого-нибудь наблюдателя, находящагося на поверхности земного шара, во время восхода или захода отстоитъ отъ такого наблюдателя приблизительно на величину земного радиуса дальше, чѣмъ во время кульминаціи. То же самое, конечно, должно имѣть мѣсто также и на Марсѣ, и такъ какъ разстояніе Фобоса отъ центра главной планеты составляетъ только 2,8 радиуса Марса, то въ тѣхъ мѣстахъ, въ которыхъ Фобосъ во время кульминаціи находится въ зенитѣ, его разстояніе отъ наблюдателя во время восхода относится къ разстоянію во время кульминаціи какъ 2,8 къ 1,8 или какъ 14 къ 9; видимое же размѣры и яркость Фобоса во время восхода и во время кульминаціи относятся какъ квадраты этихъ чиселъ, т. е. приблизительно какъ 5 къ 2. Благодаря этому обстоятельству въ связи съ вышеупомянутымъ быстрымъ движениемъ Фобоса, этотъ послѣдній кажется чрезвычайно близкимъ къ Марсу весьма своеобразное зрѣлище. Въ самомъ дѣлѣ, имъ кажется, что Фобосъ весьма быстро движется навстрѣчу остальнымъ звѣздамъ, и, следовательно, поспѣетъ на зенитѣ и зайдетъ и, конечно, Дѣлье, большое различіе его разстояній отъ центра планеты на поверхности Марса во время кульминаціи и во время восхода или захода служитъ причиною того, что Фобосъ является для жителей Марса переменной звѣздой.

Менше замѣчательнымъ представляется для жителей Марса движенье Димоса: онъ совершаетъ полный оборотъ около планеты приблизительно въ 5 дней. Напротивъ того, самъ Марсъ представляется для жителей Димоса и Фобоса не чѣмъ незамѣчательнымъ, почитаясь великодушную и действительную звезду. Съ Фобоса Марсъ усматривается въ видѣ диска, и мерцаетъ около размаха  $42^\circ$ , и следовательно, въ 82 раза болѣе великъ, чемъ земныя луна и спутникъ Юпитера. Поверхность же Марса,

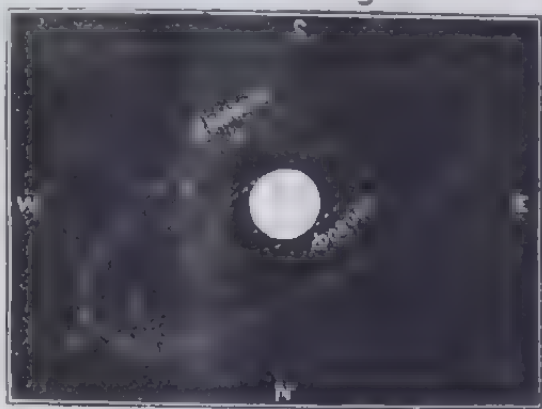


Рис. 173

\*) Слово «геоцентрический» обозначаетъ усматриваемый изъ центра Марса.

видимая съ Фобоса, въ 6700 разъ больше поверхности солнца, усматриваемой съ земли. И это гигантское тѣло два раза въ сутки проходить черезъ все фазы, черезъ которыя наша луна проходитъ только въ течение мѣсяца! Съ Деймоса диаметръ Марса усматривается почти угломъ, равнымъ  $16' 2''$ , и, следовательно, все еще въ 32 раза превосходить диаметръ луны видимы съ поверхности земли; поверхность же Марса, усматриваемая съ Деймоса, въ 1000 разъ больше поверхности луны, усматриваемой съ нашей земли.

Орбита Фобоса обладаетъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ, и его линия апсидъ быстро вращается въ плоскости орбиты Г. Струве на основаніи своихъ собственныхъ наблюдений, произведенныхъ въ 1894 году, въ связи съ вѣннгоусскими наблюдениями 1877, 1879 и 1886 гг., нашелъ, что линия апсидъ Фобоса ежегодно поворачивается на 158°. Такое вращеніе линии апсидъ обуславливается сжатіемъ главной планеты, и, следовательно, это сжатіе можетъ быть определено по движению линии апсидъ. Основанныя на этихъ соображеніяхъ вычисления Г. Струве дали для сжатія Марса  $\frac{1}{190}$ . Следовательно, сжатіе Марса гораздо значительнѣе сжатія земли, несмотря на то, что это послѣдняя вращается нѣсколько быстрѣе Марса. Это обстоятельство указываетъ на то, что для Марса плотность вещества, изъ котораго онъ состоитъ, по мѣрѣ приближенія къ центру увеличивается медленнѣе, чѣмъ для земли.

Орбита Деймоса обладаетъ довольно незначительнымъ эксцентриситетомъ. Годовое вращеніе линии апсидъ этого спутника составляетъ приблизительно 64°.

Остальные элементы спутниковъ Марса читатель можетъ найти въ таблицахъ, приложенныхъ въ концѣ книги. \* На рис. 171 изображены орбиты Фобоса и Деймоса такъ, какъ онѣ представлялись съ земли въ 1888 г. \*

Въ заключеніе этого параграфа считаемъ своимъ долгомъ напомнить нашимъ читателямъ, что спутники Марса доставляютъ намъ прозрачное средство для опредѣленія массы Марса, которая на основаніи возмущенія, производимыхъ этой планетой въ движениіи другихъ планетъ и особенно въ движениіи земли, не можетъ быть вычислена съ достаточною точностью, такъ какъ эта масса весьма незначительна, и потому обуславливаемая дѣйствіемъ Марса возмущенія также весьма незначительны.

## II. Спутники Юпитера.

§ 122 **Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера.** Юпитеръ окруженъ пятью спутниками, изъ которыхъ первые четыре были открыты Галилеемъ въ 1610 г. въ самомъ непродолжительномъ времени послѣ изобрѣтенія трубы, между тѣмъ какъ пятый вследствие чрезвычайной его слабости и вследствие его близости къ главной планетѣ былъ открытъ лишь въ самое послѣднее время. Сообразно съ этимъ сначала мы будемъ говорить о четырехъ старыхъ спутникахъ Юпитера и только уже послѣ этого перейдемъ къ пятому.

Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера составляетъ весьма замѣчательную эпоху въ исторіи астрономіи. Въ самомъ дѣлѣ, этимъ спутникамъ, мы обязаны первымъ астрономическимъ рѣшеніемъ вопроса объ опредѣленіи долготы на морѣ, вопроса, представляющаго собою одну изъ самыхъ важныхъ и самыхъ полезныхъ задачъ, которыя человечеству и умъ когда-либо предлагалъ себѣ для разрѣшенія. Кроме того, мы съ полнымъ правомъ можемъ считать, что съ открытіемъ этихъ четырехъ небесныхъ тѣлъ мы получили несравненно и самое блестящее подтвержденіе истинности системы Коперника, такъ какъ эти тѣла вращаются съ своей главной планетой, представляющей, такъ сказать, миниатюрное изображеніе тѣла и солнечной системы, изображеніе, въ которомъ отражаются какъ въ зеркало законы Кеплера (часть I, глава VIII) и вѣдѣніе этого также и законы космографическаго вращенія и въ которомъ въ нѣсколько мѣсяцевъ можно прослѣдить все періодическаго вращенія тѣла, долготы которыхъ въ нашей солнечной системѣ требуютъ



Галилей (1564—1642).



Бессель (1784—1846).



В. Я. Струве (1793—1864).



Азафъ Холль.

многихъ сотенъ лѣтъ. Но этого мало. Природа, такъ сказать, питаетъ къ этимъ маленькимъ свѣтлымъ точкамъ особенное пристрастие, и потому она постаралась отблѣнить ихъ въ исторіи астрономіи значительнымъ обиліемъ интереснѣйшихъ подробностей, и, дѣйстви-тельно, кромѣ всего вышеупомянутаго спутникамъ Юпитера мы обязаны еще опредѣленіемъ скорости свѣта (часть I, § 46).

Часто возбуждался споръ относительно того, можно ли видѣть спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ. Опыты Араго съ зрительными трубами безъ увеличенія т.е. съ такими трубами, которыя, не увеличивая предметовъ, представляютъ собою болѣе совершенный глазъ, чѣмъ глазъ наблюдателя, показали, что это впродѣль возможно, и въ действительности многие наблюдатели говорятъ о легкой возможности. Такъ, напримеръ, Штоддартъ подъ знаменитымъ своею ясномъ небомъ Перси могъ свободно видѣть спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ во время сумерекъ, но только въ теченіи нѣсколькихъ минутъ, когда спутники были достаточно яркими, сама же планета еще не стѣнчалась нѣсколько блѣвдѣею, чтобы захватить ихъ своимъ лучамъ. Южно также Де-Вильвиль въ Бристоль, вскрывая боковые лучи Юпитера, могъ видѣть впродѣль и четвертаго спутника съ помощью зрительной трубы. По наблюденіямъ Энгельмана, обнаруженъ очень хорошо соотвѣстствіе съ таблицами и мѣрениемъ Пиккеринга, спутники Юпитера по яркости принадлежать къ звѣздамъ слѣдующихъ величинъ:

Спутникъ	Яркость
Первыи . . . . .	3.3
Второй . . . . .	3.7
Третій . . . . .	5.3
Четвертый . . . . .	6.3

Слѣдовательно, если бы вблизи ихъ не было ярковъ планеты, то, по крайней мѣрѣ первые три спутника, въ действительности совершенно свободно могли бы быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ. Поэтому впродѣль сомнѣно, что ихъ можно определенно видѣть уже при помощи весьма незначительныхъ зрительныхъ трубокъ и даже при помощи обыкновеннаго бинокля.

Галилеи, открывши спутниковъ Юпитера, предложилъ для нихъ названіе Mediceae Sidera, но это предложеніе не было принято. Въ 1688 г. в. Philosophical Transactions было напечатано сообщеніе о открытіи первыхъ трехъ спутниковъ Юпитера и при этомъ было предложено называть ихъ именами Иалламы, Юноны и Минны, но это предложеніе также не было принято. Во всеобщее же употребленіе вошло общепринятое названіе спутниковъ римскими цифрами I, II, III и IV по порядку приближенія къ планетѣ. Когда были открыты пятый спутникъ Юпитера, то нѣкоторые астрономы были снова подняты вопросъ о наименованіи этихъ тѣлъ, и въ Nautical Almanac на 1896 г. были приняты для четырехъ спутниковъ имена Ио, Европа, Ганимедъ и Калисто по преданію этихъ именъ, кажется, не встрѣтило соувѣствія среди остальныхъ астрономовъ.

§ 123. Затмѣнія спутниковъ Юпитера и ихъ прохожденія передъ дискомъ планеты. Пусть  $S$  представляеть солнце (рис. 172),  $I$  планету Юпитеръ  $ABC$  орбиту земли и  $abcd$  орбиту какого-нибудь спутника Юпитера, причѣмъ какъ земля, такъ и спутникъ Юпитера движутся съ запада на востокъ или въ направленіи  $ABC$  и  $abc$ . Когда спутникъ находится въ части  $ab$  своей орбиты, т.е. между конуса тѣни  $cNd$ , которую Юпитеръ, освѣщаемый солнцемъ, отбрасываетъ въ сторону, противоположную солнцу, то онъ невидимъ для нашихъ глазъ, какъ только вслѣдитъ въ эту тѣнь и въ это время для жителей Юпитера наступитъ затмѣніе его спутника. Когда же спутникъ находится въ части  $cd$  своей орбиты, между солнцемъ и тѣнью планеты, то онъ самъ отбрасываетъ тѣнь на планету и такимъ образомъ служитъ причиной солнечнаго затмѣнія. Только



года явления по отношению къ спутникамъ Юпитера называются ихъ прохожденіями черезъ дискъ планеты.

Такимъ образомъ ясно, что затмѣнія спутниковъ Юпитера, въ общемъ, вродѣ аналогичны съ затмѣніями нашей луны (стлп. I §§ 100 и 102), хотя въ последнихъ подробностяхъ первыя существенно отличаются отъ послѣднихъ. Въ дѣствіе очень большаго расстоянія отдѣляющаго Юпитера отъ земли и въ дѣствіе необыкновенно огромныхъ размѣровъ этой планеты конусъ тѣни, отбрасываемый ею въ сторону противъ солнца, гораздо длиннѣе и гораздо шире, чѣмъ конусъ тѣни, отбрасываемый землею. Кромѣ того размѣры спутниковъ по отношенію къ Юпитеру гораздо меньше, чѣмъ размѣры нашей луны до о. отношенію къ землѣ, плоскости ихъ орбитъ наклонены къ плоскости орбиты Юпитера подъ гораздо меньшими углами, чѣмъ уголъ наклоненія лунной орбиты къ плоскости эклиптики, и, наконецъ, размѣры ихъ орбитъ также весьма малы сравнительно съ размѣромъ орбиты нашей луны. На этомъ основаніи три обѣщанные къ планетѣ спутники Юпитера проходятъ черезъ конусъ тѣни воکلѣ ризѣ, какъ они въ части *ab* своей орбиты бываюъ для наблюдателя и входятъ на Юпитера, въ противоположности съ солнцемъ, или въ орбитѣ и три спут. Юпитера затмѣваются во время каждаго полнолунія.

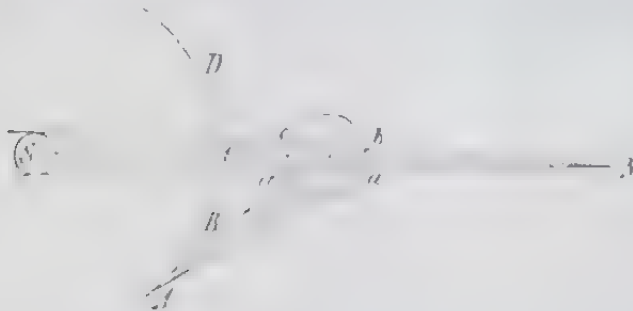


Рис. 172.

тѣни или, какъ затмѣнія лунныя, а или въ некоторой точкѣ *A*, *B* или *C*, которая находится на земной орбитѣ. Если луня въ данное время проходитъ черезъ центръ солнца, планеты и спутника. По ходу ось *IX* конуса тѣни въ различныя времена принимаетъ различныя пологости относительно линии зрѣнія *AI*, *BI* или *CI*, проходящей черезъ землю и Юпитера. Абсолютныя моменты, въ которые происходитъ начало и конецъ затмѣнія спутниковъ Юпитера, собственно зависятъ отъ того, гдѣ бы ни находился наблюдатель. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ въ предѣлахъ земной атмосферы спутники дѣствительно видны съ поверхности земной орбиты, то при любомъ пунктѣ наблюдателя, можно видеть эти явленія въ одинъ и тотъ же абсолютный моментъ.

Но это различіе въ продолженіи времени, въ которомъ различныя точки земной орбиты затмѣваются, обусловлено не только различіемъ въ величинѣ конуса тѣни спутниковъ, затмѣваемыхъ въ тотъ моментъ, когда они въ точкѣ *a* вступаютъ въ конусъ тѣни отбрасываемой Юпитеромъ; но, чѣмъ къ землѣ, приближаются для насъ они не только по времени, а и по величинѣ, такъ какъ сначала они вступаютъ въ конусъ тѣни планеты, а затѣмъ въ конусъ тѣни спутника, который въ то время, когда онъ въ конусѣ тѣни планеты, еще не вступилъ въ конусъ тѣни спутника. Поэтому время, въ которое они вступаютъ въ конусъ тѣни спутника, увеличивается по мере приближенія къ Юпитеру, хотя и небольшого промежутка времени. Время, которое требуется для того, чтобы спутникъ вышелъ изъ конуса тѣни планеты, увеличивается по мере приближенія къ Юпитеру, хотя и небольшого промежутка времени. Время, которое требуется для того, чтобы спутникъ вышелъ изъ конуса тѣни спутника, увеличивается по мере приближенія къ Юпитеру, хотя и небольшого промежутка времени. Поэтому время, въ которое спутникъ проходитъ по своей орбитѣ надъ, по величинѣ равную его диаметру. Въ действительности же это время также еще больше, такъ какъ предварительно спутникъ проходитъ черезъ конусъ тѣни планеты, который окруженъ двумя прямыми и двумя кривыми, идущими къ солнцу, т. е. къ Юпитеру и пересѣкающимися гдѣ-нибудь между двумя тѣнями. Но все это можно имѣть въ виду и при концѣ затмѣнія, когда луна въ точкѣ *b* выходитъ изъ конуса тѣни. Поэтому весьма трудно точно объяснить какъ начало,

таль и конец затмения спутника, и ясно, что зоркость глаза, качества зрительной трубки, а также прозрачность атмосферы могут оказывать весьма значительное влияние на наблюдения этих затмений. Поэтому, чтобы по возможности устранить влияние этих неблагоприятных обстоятельств, никогда не следует ограничиваться наблюдением одного только начала затмения или одного только его конца, но, если только позволяют обстоятельства, необходимо одной и той же трубкой наблюдать оба эти момента, и затмение брать среднее арифметическое из них, чтобы таким образом получить тот момент, когда спутник точно идет на оси конуса *IУ* или, иначе говоря, был в противостоянии с солнцем.

При одном взгляде на рис. 172 мы видим, что в противостоянии Юпитера с солнцем, т. е. в то время, когда зем. л. находится в точке *Д* или в *В* и *А* от оси *SAУ* конуса тени, эти затмения происходят на западной стороне Юпитера. Противоположные Юпитера имеют место тогда, когда земля находится в точке *С*, т. е. на самой оси конуса тени. Чем ближе к этой точке *С* подходит земля, тем больше тени планеты *Д*, *В* и т. д. приближаются к совпадению с осью или *IУ* тем меньше становится угол, составляемый линиями *Д* и *IУ*, и тем ближе к западному краю Юпитера происходит вход спутника в конус тени. Когда земля переходит в положение *В*, при котором линия *ВВ* совпадает с землю от спутника в момент его выхода из конуса тени, как если бы земля была в точке *В*, то этот выход спутника и т. д. для наблюдателя, находящегося на земле, будет в действительности происходить на западном краю Юпитера, и потому ни в этот день, ни в следующие ни когда входить спутник в конус тени совершается за западом Юпитера, мы когда земля в этот момент не можем. Случается иногда некоторое время мы не будем видеть вступления спутника в конус тени в точке *а*, так как он для наблюдателя, находящегося на земле, будет происходить за планетой.

До противостояния Юпитера с солнцем, т. е. в такое время, когда планета проходит через меридиан нашей полушария, образам спутков Юпитерам будет тени расплываться для нас к западу от планеты, а тени ее падать к востоку от нее. Поэтому в первом случае мы видим спутники с тени на западной стороне Юпитера, а во втором — выход спутника из тени и движение между тенью к западу от планеты из тени к востоку и наоборот. Следовательно, в первом случае, когда спутник находится на западной стороне Юпитера, а во втором — выходит спутник из тени и движется между тенью к западу от планеты из тени к востоку, и так часть конуса, через которую проходит спутник, отстоит от планеты настолько далеко, что ни движение спутника, т. е. ни его движение из тени не происходит от нас планетой Юпитера, и поэтому в этом случае мы можем наблюдать как вступление, так и конец затмения спутника. Движение спутника настолько близко находится к планетной тени, что до противостояния можно наблюдать только вступление в тень, а после противостояния только выход из тени.

Среднею другое явление происходит тогда, когда спутник проходит на своей орбите в точку *с* и таким образом, расположен между солнцем и планетой. В таком случае с земли он представляется в виде круглого диска, направленного по диску планеты, и начало этого явления происходит в тот момент, когда спутник попадает на линию, соединяющую землю, находящуюся в точке *Д*, *В* или *С*, с восточным краем планеты. Это явление для жителей Юпитера может быть только со стороны затмения, если мы расширительные явления будем рассматривать как затмение

затмѣны. Въ самомъ дѣлѣ въ этомъ случаѣ спутникъ, находящійся гдѣ-нибудь въ пространствѣ *cd*, самъ отбрасываетъ конусъ тѣни въ сторону, противоположную Юпитеру, и вследствие этого затмѣяется для его жителей солнечный свѣтъ. Въ это время мы видимъ на поверхности Юпитера еще второе черное пятно такой же величины, которое притѣняетъ спутнику, если затмѣние происходитъ до противостоянія Юпитера съ солнцемъ, и свѣдитъ за нимъ, когда затмѣние имѣетъ мѣсто послѣ противостоянія. Это есть тѣнь спутника, которая перемѣщается по поверхности Юпитера во время затмѣнія. \* На рисункѣ 173 черное пятно въ центральной частн диска есть только-что упомянутая тѣнь спутника, самый же спутникъ проецируется въ видѣ темнаго пятна недалеко отъ лѣваго края планеты. \*

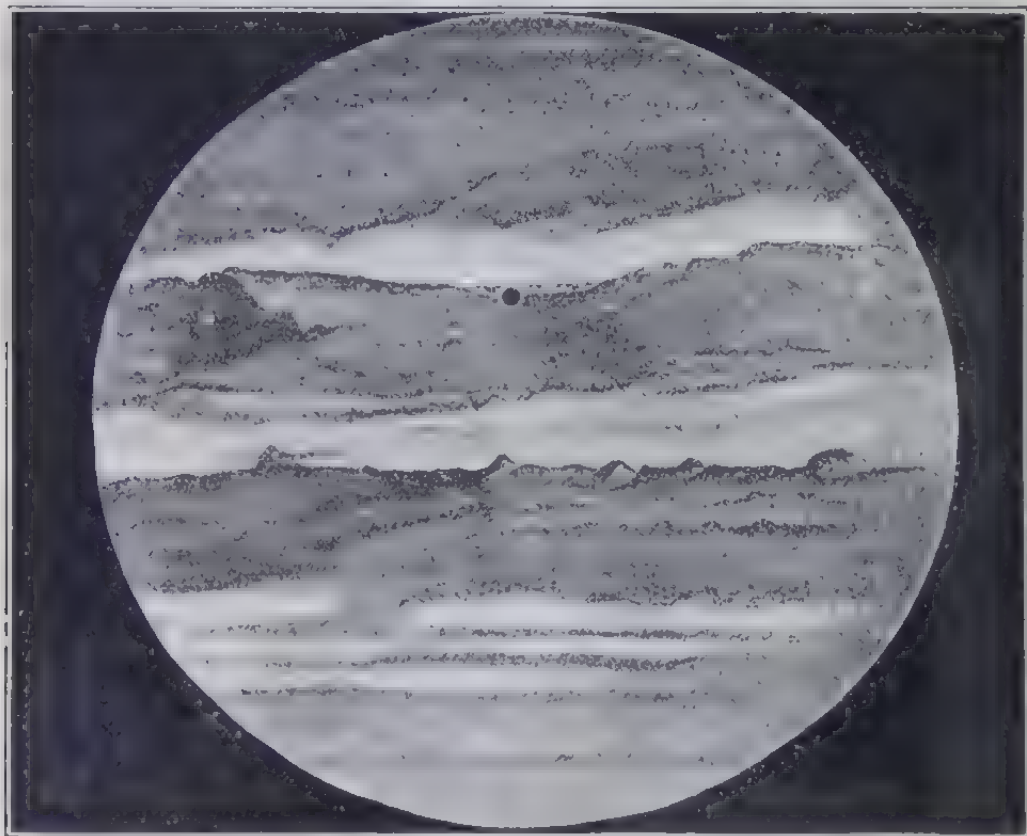


Рис. 173.

§ 124. Замѣчательное соотношеніе между движеніями спутниковъ Юпитера. Среднимъ образомъ для планеты шесть ближайшихъ къ Юпитеру спутниковъ, мы убѣждаемся въ томъ, что, складывая для любого момента возмѣщенную \*) среднюю долготу перваго или ближайшаго спутника съ удвоенной долготой третьяго и вычитая изъ этой суммы удвоенную долготу втораго, мы всегда получаемъ  $180^\circ$ . Вследствие этого затмѣнія перваго, второго и третьяго спутника Юпитера никогда не могутъ происходить одновременно. Въ самомъ дѣлѣ, когда первый и второй спутники усаживаются съ Юпитера въ одной и той же части небеснаго свода, то вследствие вышесказаннаго соотношенія, первый спутникъ долженъ на-

\*) Средняя долготы центрической или эфемериды, усаживаемый изъ центра Юпитера.

ходиться въ противоположной части; поэтому, если первый спутникъ затмѣвается, то два другихъ спутника должны находиться между солнцемъ и Юпитеромъ и, следовательно, должны отбрасывать тѣнь на планету, и обратно. Но при известномъ положеніи спутниковъ относительно планеты можетъ случиться, что наблюдатель, находящийся на поверхности земли, не увидитъ ни одного изъ нихъ, и въ этотъ моментъ Юпитеръ представляется безъ спутниковъ. По изслѣдованіямъ Д'Арре, это явленіе замѣченное впервые, несколько извѣстно, астрономомъ Моллине 2 ноября 1681 г. по старому стилю, повторяется приблизительно черезъ каждыя 25 лѣтъ. Довѣсь наблюдатель это явленіе 27 сентября 1843 годѣ, затѣмъ оно имѣло мѣсто утромъ 15 ноября 1868 года и утромъ же 15 октября 1893 года.

Вышеуказанное соотношеніе можетъ быть выражено еще такимъ образомъ: для любого промежутка времени сумма синерического движенія перваго спутника и утроеннаго синерического движенія третьяго равняется утроенному синерическому движенію втораго. Отсюда между прочимъ вытекаетъ, что продолжительность 247 синодическихъ обращеній перваго спутника равна продолжительности 123 обращеній втораго и 61 обращенія третьяго и составляетъ 437 сутокъ 3 часа 40 минутъ, какъ это впервые было указано Браттеремъ.

§ 125 Примѣненіе вышеуказаннаго соотношенія къ астрономическимъ изслѣдованіямъ. Благодаря наблюдѣнны затмѣнны спутниковъ Юпитера не только была определена, какъ это было объяснено раньше (ч. I, § 46), скорость свѣта, но этимъ же наблюдѣнныамъ мы обязаны также знаніемъ по крайней мѣрѣ приближеннаго разстоянія отъ Юпитера до солнца. Дѣйствительно, въ моментъ, соотвѣствующій серединѣ затмѣнны спутникъ, усматриваемый изъ центра Юпитера, находится приблизительно въ противоположности съ солнцемъ, т. е. его гелиоцентрическая долгота равняется гелиоцентрической долготѣ Юпитера, которую мы можемъ взять изъ таблицы движенія (табл. I, § 83) этой планеты. Подобнымъ же образомъ таблицы движенія солнца даютъ и гелиоцентрическую долготу земли для того же момента. Поэтому, въ треугольникѣ вершинами котораго служатъ солнце, земля и Юпитеръ, мы знаемъ уголъ при солнцѣ, равный разности гелиоцентрическихъ долготъ Юпитера и земли, и кромѣ того уголъ при землѣ, получаемый непосредственно изъ наблюдѣнны. Поэтому зная разстояніе отъ земли до солнца или принявъ его за единицу, мы можемъ вычислить также разстояніе отъ Юпитера до солнца. (ч. I, § 39).

Наконецъ, этими затмѣнныамъ мы можемъ съ большимъ удобствомъ воспользоваться для опредѣленія географической долготы мѣстъ наблюдѣнны на поверхности земнаго шара. Въ самомъ дѣлѣ такъ какъ во время этихъ затмѣнны спутники Юпитера, вѣдуція въ тѣнь, отбрасываемую тѣнью планеты, подобно лунѣ во время нашихъ лунныхъ затмѣнны (часть I, § 100), дѣйствительно лишаются того свѣта, который они получаютъ отъ солнца, то начало или конецъ такого затмѣнны долженъ наблюдѣться въ одинъ и тотъ же абсолютный моментъ во всѣхъ мѣстахъ земнаго шара. Поэтому, если въ двухъ какихъ-нибудь мѣстахъ каждыя наблюдатель выразитъ моментъ начала затмѣнны въ своемъ мѣстномъ времени, то стоить только составить разность этихъ мѣстныхъ временъ, чтобы тотчасъ же получить разность географическихъ долготъ обоихъ мѣстъ. Если напримѣръ, такое затмѣніе наблюдѣлось въ Парижѣ въ 8<sup>ч</sup> 20<sup>м</sup> 40<sup>с</sup>, а въ Вильѣ въ 9<sup>ч</sup> 16<sup>м</sup> 50<sup>с</sup>, то разность географическихъ долготъ этихъ мѣстъ составляетъ 0<sup>ч</sup> 56<sup>м</sup> 10<sup>с</sup> или 112' 30", и на такую дугу Виль лежитъ восточнѣ Парижа. То же самое безъ всякихъ измѣненны относился и къ нашимъ луннымъ затмѣнныамъ, но они случаются слишкомъ рѣдко, чтобы имъ можно было пользоваться для опредѣленія разности долготъ по крайней мѣрѣ на морѣ, между тѣмъ какъ затмѣнны спутниковъ Юпитера наблюдѣются, какъ уже выше было сказано (§ 123), весьма часто. Но для получения болѣе точныхъ результатовъ слѣдуетъ пользоваться для этой цѣли только тѣми затмѣнныамъ спутниковъ Юпитера, при которыхъ наблюдѣлись моменты какъ вступленія спутника въ конусъ тѣни, такъ и выходъ его изъ этого конуса.

Въ наше время, когда теории и таблицы нашей луны доведены до высокой степени совершенства, для этой работы и для той же марсикации были можно съ выгодой пользоваться различными методами равностоящими между луной и другими светилами, не говоря уже о других еще более удобныхъ способахъ. Однако, въ то время, когда спутники Юпитера только-что были открыты, съ самаго начала XVIII столѣтня, кроме затмѣнн этихъ спутниковъ не было никакого другаго способа для опредѣленя разности географическихъ долгъ въ двухъ далеко отстоящихъ другъ отъ друга мѣстахъ, такъ какъ затмѣния нашей луны, какъ уже было сказано, случаются слишкомъ рѣдко, чтобы оказать существенную пользу при томъ долгѣ на морѣ.

§ 146. Элементы орбитъ четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера, размѣры и физическя свойства этихъ небесныхъ тѣлъ. Наклонности плоскостей орбитъ этихъ спутниковъ къ плоскости орбиты планеты и къ экватору планеты вообще заключаются между двумя и тремя градусами. Поэтому эти спутники представляются намъ всегда находящимися приближенно на одной и той же прямой лини, проходящей черезъ центръ Юпитера и параллельной полосамъ на поверхности этой планеты (§ 77).

Спутники Юпитера отличаются около него эллипсы, эксцентриситеты которыхъ настолько малы, что только для двухъ крайнихъ спутниковъ возможно съ увѣренностью замѣтить уклоненіе ихъ орбитъ отъ круговыхъ линій.

Уже асидератно дѣлавши попытки опредѣлить размѣры этихъ спутниковъ и при этомъ весьма различными способами. Такъ, еще въ 1693 г. Кассини пытался опредѣлить диаметры спутниковъ Юпитера по тому промежутку времени который требуется для возврата спутниковъ въ концы тѣни. Въ XVIII столѣтн тѣмъ же вопросомъ занимались Меркаторъ, Вистонъ, Баагъ, Маданъ, Шретеръ и Гардинъ причемъ они, кроме того, воспользовались для этой цѣли также и наблюденьями надъ продолжительностью всхожденія спутниковъ на дискъ Юпитера во время ихъ прохожденія а В. Гершель, помимо этого, сталъ попытку опредѣлить размѣры спутниковъ на основанн пересѣченнхъ диаметровъ тѣни, отбрасываемой ими на дискъ планеты. Въ эти допытки довольно хорошо содѣлается съ тѣми же и мѣреньями. Изъ многочисленныхъ рядовъ измѣренн мы для удобства приводимъ здѣсь только слѣдующе: 1) измѣренья, произведенныя В. Струве въ 1829 г. при помощи Дерлскаго (Юрьевскаго) рефрактора, 2) измѣренья, произведенныя Энгельманомъ въ 1871 г. и основанныя отчасти на наблюденьяхъ микрометромъ, отчасти на наблюденьяхъ пропускательности вѣдушенія спутниковъ въ дискъ Юпитера при ихъ прохожденіяхъ, 3) измѣренья, произведенныя Барнартомъ въ 1894 г. при помощи телескопа рефрактора Лилеконъ обсерватори 4) телескопъ опредѣленія диаметровъ спутниковъ Юпитера, произведенныя Михельсономъ въ 1891 г. на основанн измѣреннхъ диаметровъ тѣни и 5) опредѣленія произведенныя Пикерингомъ въ 1879 г. на основанн фотографическихъ измѣреннхъ. Результаты этихъ измѣреннхъ, присоединенныя къ среднему разстоянію отъ Юпитера до центра (5,20), даны въ слѣдующей таблицкѣ:

Наблюдатель	С п у т н и к ъ			
	I	II	III	IV
В. Струве . . . . .	1,02"	0,91"	1,49"	1,27"
Энгельманъ . . . . .	1,08	0,91	1,54	1,28
Барнардъ . . . . .	1,05	0,87	1,52	1,43
Михельсонъ . . . . .	1,02	0,94	1,37	1,31
Пикерингъ . . . . .	0,92	0,87	1,10	0,65

Если изъ этихъ результатовъ мы выберемъ тѣ, которые были получены Барнартомъ и Пикерингомъ, то диаметры спутниковъ по порядку должны равняться 3935, 3260, 2600 и 1600 километровъ. Такимъ образомъ, первый и второй спутники по величинѣ

лишь незначительно отличается от диаметра луны между тем как диаметр третьяго и четвертаго спутниковъ несколько больше, чѣмъ въ болѣе разъ превосходитъ диаметр луны. Ихъ объемы приблизительно въ четыре раза больше объема луны. Изъ шести Юпитера ихъ диаметры представляются подъ следующими углами  $32'3''$ ,  $16'5''$ ,  $18'1''$  и  $2'7''$ . Следовательно видимый диаметр перваго спутника для глаза Юпитера имѣетъ трибѣ столько же величину, какую видимый диаметр луны имѣетъ для жителей земли. Диаметр втораго и третьяго приблизительно въ 2 раза, а диаметр четвертаго трибѣ столько же чѣмъ въ четыре раза меньше. Такъ какъ солнце представляется жителямъ Юпитера только подъ угломъ  $6,2'$ , то для нихъ спутники Юпитера являются наиболѣе значительными небесными светилами, а видимая поверхность этихъ спутниковъ соответственно въ 27, 7, 8 и 2 раза больше поверхности солнца.

Изъ замѣрени яркости спутниковъ Юпитера для диаметровъ перваго и втораго спутниковъ выводится заключение, весьма удовлетворительно согласующееся съ величинами, получаемыми при помощи другихъ способовъ, а для третьяго и особенно для четвертаго додумается къ иному, совершенно иному. Это заключается въ томъ, что отъ действительной способности (альбедо) этихъ спутниковъ почти совершенно такая же, какъ и отъ поверхности и способности самого Юпитера, для чѣмъ же различия спутниковъ и особенно для четвертаго она незначительна. Эти различия могутъ объясняться также яркостью, наблюдаемыми во время прохожденій спутниковъ передъ дискомъ Юпитера. Четвертый спутникъ при своемъ вступленіи на край планетнаго диска кажется яркимъ, затѣмъ при дальнѣйшемъ движеніи начинаетъ блѣднѣть, наконецъ, совершенно исчезаетъ и только послѣ этого дѣлается снова видимымъ, но уже въ видѣ темнаго пятна. При выходѣ спутника съ диска Юпитера повторяются тѣ же самыя явленія, только въ обратномъ порядкѣ. Это объясняется отчасти тѣмъ, что края диска Юпитера обладаютъ меньшею яркостью, чѣмъ центральная часть; поэтому спутникъ кажется ярче, чѣмъ поверхность Юпитера около краевъ, но темнѣе, чѣмъ ее центральная часть. Кроме того, по изслѣдованіямъ Свигтты, физиологическія причины, повидимому, еще усиливаютъ это явление. Протягиваясь и часть втораго диска и представляется въ видѣ темнаго пятна на дискѣ Юпитера, только если до прохожденія предъ солнцемъ. Первыи и второи спутники по размѣрамъ проходятъ въ видѣ темнаго пятна, но зато первыи проходитъ передъ солнцемъ Юпитера, а второи — послѣ него.

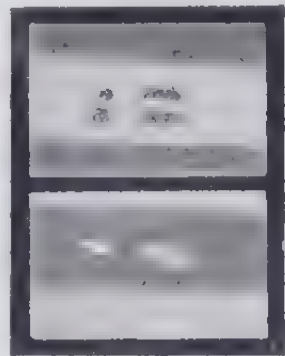


Рис. 174.

Въ 1890 г. въ августѣ Юпитеръ проходилъ предъ солнцемъ. Первыи и второи спутники по размѣрамъ проходятъ въ видѣ темнаго пятна, но зато первыи проходитъ передъ солнцемъ Юпитера, а второи — послѣ него. 8 сентября 1890 г., когда этотъ спутникъ проходилъ передъ солнцемъ Юпитера, онъ представлялся Бурнардъ въ видѣ темнаго пятна, напротивъ того, 3-го августа 1891 г., при прохожденіи черезъ темную полосу, онъ имѣлъ видѣ узкой белой полосы. Врис. 174 даны двѣ фигуры и изображены оба эти явления. При этомъ въ каждой фигурѣ съ лѣвой стороны представлено самое ясное въ томъ видѣ, какъ оно наблюдалось, а съ правой — видъ, появившійся явленіи. Бурнардъ полагаетъ, что на дискѣ спутника совершенно такъ же, какъ и на дискѣ самого Юпитера, находится свѣтлая экваториальная полоса и темная полярная область. Если спутникъ проходить черезъ свѣтлую полосу на дискѣ Юпитера, то при наблюденіяхъ съ помощью небольшой трубы и при безоблачныхъ изображеніяхъ экваториальная полоса спутника держится въ свѣтомъ фонѣ планеты, и на этомъ фонѣ представляется темная полярная пятно въ видѣ узкой свѣтлой экваториальной дуги отъ друга темнаго пятна, вследствие чего спутникъ кажется имѣть поясъ. Наоборотъ, на темной полосѣ Юпитера исчезаютъ полярная область спутника, а въ такомъ случаѣ остается видимой только узкая экваториальная полоса.

На поверхности других трех спутников Юпитера Сикки, Барнарды и Никеринга въ Арквинъ также неоднократно наблюдали пятна, которыя, однако, можно было видеть лишь съ большимъ трудомъ и которыя, можетъ-быть, съ теченіемъ времени подвергались измѣненіямъ. Нѣкоторые наблюдатели, какъ-то Шеберле, Гольдманъ и особенно Никерингъ, полагаютъ, что имъ неоднократно удавалось замѣчать, будто спутники Юпитера периодически черезъ нѣкоторые промежутки времени, принимаютъ эллиптическую форму. Однако Барнардъ они постоянно представлялись круглыми, и онъ предполагаетъ, что эти кажущаяся деформации слѣдуетъ объяснить присутствіемъ пятенъ на поверхности спутниковъ. Впрочемъ, при описаніи фигуры такихъ маленькихъ тѣлъ должны играть весьма важную роль личныя ошибки, напр. астигматизмъ глаза и т. п., и подобный же примѣръ мы видели уже выше (§ 91), когда рѣчь шла объ эллиптичности диска Урана, причемъ нѣкоторые наблюдатели вполне определенно утверждали, что Уранъ обладает сжатіемъ, между тѣмъ какъ другіе отрицали это. У четвертаго спутника Юпитера Эизельманъ и Фламмартонъ замѣчали периодическія измѣненія яркости, которая, по ихъ мнѣнію, указываетъ на то, что для этого спутника, совершенно такъ же, какъ и для нашей Луны, продолжительность времени обращенія его около планеты равняется продолжительности времени вращенія его около оси.

Въ заключеніе мы считаемъ своимъ долгомъ сказать нѣсколько словъ о явленіи, которое впервые было замѣчено и правильно объяснено астрономомъ Барнаби въ 1861 г., по влеченію снова было забыто пока на него обратилъ вниманіе астрономъ Ликской обсерваторіи. Это явленіе состоитъ въ томъ, что тѣмъ спутниковъ Юпитера при ихъ прохожденіи передъ дискомъ планеты, если эти прохожденія случаются въблизи квадратуръ Юпитера съ солнцемъ, влеченіе паровидности Юпитера и влеченіе наклоненія и драгены или зрѣнія, идущей отъ земли къ конусу тѣни, только въ серединѣ диска Юпитера представляется круглой, на краяхъ же имѣть видъ эллипса. По вычислениямъ Шеберле для четвертаго, наиболее удаленнаго, спутника большая полуось этого эллипса болѣе чѣмъ въ два раза превосходитъ малую полуось.

§ 127 **Открытие пятаго спутника Юпитера и общія свѣдѣнія о немъ.** Послѣ открытія первыхъ четырехъ спутниковъ, по опис. какъ было выше упомянуто, влеченіе значительной яркости этихъ небесныхъ тѣлъ было сдѣлано точнѣе послѣ изобрѣтенія тригониальной трубки, въ теченіе болѣе чѣмъ четверти вѣка никогда даже не поднимался вопросъ о существованіи еще другихъ спутниковъ у Юпитера, хотя эта планета наблюдалась, можетъ-быть, чаще всѣхъ другихъ небесныхъ тѣлъ и притомъ при помощи лучшихъ и совершеннѣйшихъ инструментовъ. Поэтому астрономическая мѣра не мало была удивлена, когда въ серединѣ сентября 1892 года распространилось извѣстіе, что Барнарды открылъ пятый спутникъ Юпитера, и это удивленіе еще болѣе возросло, когда въ теченіе слѣдующихъ недель не было обнаружено ничего новаго относительно этого въ высшей степени интереснаго открытія. Поэтому, по крайней мѣрѣ, въ Лиронѣ, многе уже склонны были считать все это дѣломъ мистификаціи, какъ вдругъ въ серединѣ октября было получено первое достоверное извѣстіе объ этомъ открытіи. Объявляется, что новое небесное тѣло Барнарды замѣтилъ еще 9 сентября, но влеченіе наблюдавшихся облаковъ онъ только въ слѣдующій день могъ въ полной мѣрѣ убѣдиться, что это свѣтло было действительно спутникомъ Юпитера. Это тѣло имѣло настолько слабый блескъ, что даже въ большой рефракторъ Ликской обсерваторіи оно могло быть наблюдаемо только въ томъ случаѣ, если Юпитера вывести изъ поля зрѣнія трубки или заключить заключенной пластинкой слюды, помещаемой въ окуляръ такимъ образомъ, что она закрываетъ часть поля зрѣнія.

По описанію Барнарды пятый спутникъ Юпитера по яркости принадлежитъ самое большое къ 12-й звѣздѣ 12-й величины. Если мы допустимъ, что онъ обладаетъ такою же отражательной способностью, какъ и самъ Юпитеръ, то диаметръ этого спутника долженъ

составлять не болѣе 160 километровъ, и, слѣдовательно, это небесное тѣло послѣ спутниковъ Марса является наименьшимъ изъ всѣхъ известныхъ до сихъ поръ спутниковъ. Его расстояние отъ центра Юпитера составляетъ только 2,55 радиусовъ этой планеты, и онъ такимъ образомъ находится къ Юпитеру ближе, чѣмъ Фобосъ къ Марсу. Его орбита имѣетъ замѣтной эксцентриситетъ. Вѣдствие его близости къ Юпитеру и вѣдствие значительнаго скатія этого послѣдняго лини апсидъ пятого спутника обладаетъ быстрымъ вращеніемъ и, по изслѣдованіямъ Тиссерана, въ годъ совершаетъ приблизительно  $2\frac{1}{2}$  оборота.

Съ открытіемъ пято спутника выступилъ на сцену вопросъ, не могутъ ли быть у Юпитера еще и другіе спутники кромѣ известныхъ пяти. Если мы допустимъ, что между расстояніями спутниковъ отъ главной планеты существуетъ соотношеніе, подобное ряду Тидуса-Бода (§ 65), и если для системы Юпитера мы примемъ для такого закона выраженіе, предложенное Гессеномъ (Gaussin), а именно

$$a_n = 1,336 \times 1,6425^n,$$

гдѣ  $a_n$  есть большая полуось  $n$ -го спутника, то мы получимъ слѣдующіе результаты:

	$n=1$	2	3	4	5	6
$a_n$ выч. . . . .	2,20	3,60	5,92	9,72	15,97	26,23
$a_n$ набл. . . . .	2,55	—	5,94	9,45	15,09	26,53

Исходя изъ такой точки зрѣнія, можно подозрѣвать между спутникомъ Барнарда и первымъ изъ Галилеевыхъ существованіе шестого спутника съ временемъ обращенія, равнымъ приблизительно однимъ суткамъ.

§ 128. Видъ неба со спутниковъ Юпитера. Не останавливаясь на описаніи вида спутниковъ Юпитера съ поверхности этой планеты, скажемъ только нѣсколько словъ о томъ, какую картину представляетъ Юпитеръ жителямъ его спутниковъ. Жители пятого спутника усматриваютъ диаметръ Юпитера подъ угломъ въ  $46^\circ$ . Поэтому, при своемъ восходѣ и заходѣ Юпитеръ занимаетъ восьмую часть горизонта, и когда нижній край его диска касается горизонта, то верхній край доходитъ до половины небеснаго свода. И этого гигантскихъ размѣровъ дискъ, представляющійся жителямъ спутника въ различныхъ фазахъ, подобныхъ фазамъ нашей луны, перемѣщается на небесной сферѣ среди неподвижныхъ звѣздъ! Поистинѣ удивительная картина!

Также и съ другихъ спутниковъ Юпитеръ представляется въ видѣ весьма огромнаго диска. Напр., жители перваго спутника усматриваютъ диаметръ Юпитера подъ угломъ въ  $20^\circ$ , и, слѣдовательно, видимый съ этого спутника диаметръ Юпитера въ 37 разъ, а поверхность въ 1370 разъ больше диаметра и поверхности луны, усматриваемыхъ съ земли. Поэтому для жителей перваго спутника Юпитеръ можетъ покрывать все огромное созвѣдіе Оріона. Подобнымъ же образомъ поверхность Юпитера, усматриваемая съ остальныхъ трехъ спутниковъ, соответственно въ 620, 240 и 78 разъ больше, чѣмъ поверхность луны, усматриваемая съ земли.

Впечатлѣніе, производимое вообще такимъ огромнымъ небеснымъ тѣломъ, для жителей спутниковъ Юпитера увеличивается еще вѣдствие того, что солнце, второе по величинѣ небесное тѣло, представляется имъ въ видѣ диска, который въ 27 разъ меньше солнечнаго диска, усматриваемаго съ земли. Для жителей всѣхъ пяти спутниковъ Юпитера видимая поверхность этого послѣдняго соответственно въ 190000, 37000, 14600, 5800 и 1800 разъ больше, чѣмъ поверхность солнца.

### III. Спутники остальныхъ планетъ.

§ 129. Спутники Сатурна. Сатурнъ окруженъ восемью спутниками, которые были открыты приблизительно въ теченіе двухъ столѣтій, и нѣхъ открыты слѣдовали одно за другимъ въ естественномъ порядкѣ въ зависимость отъ ихъ яркости и отъ усовершен-



спутниковъ и ихъ величій средствъ. Поэтому обозначеніе этихъ небесныхъ тѣлъ, подобно спутникамъ Юпитера, числами по степени ихъ удаленія отъ главной планеты оказалось не пригоднымъ такъ какъ каждое новое открытіе нарушило прежній порядокъ, и во всеобщее употребленіе вошли названія этихъ спутниковъ, предложенныя Д. Гершелемъ. Въ нижеслѣдующей табличкѣ спутники Сатурна расположены въ порядкѣ по степени ихъ удаленія отъ главной планеты.

№	Названіе спутника.	Кто открылъ.	Время открыт.	Средняя яркость во время оппозиціи	Диаметръ, выраженн. въ милахъ.	
1.	Мимасъ	В. Гершель	17 сент. 1789 г.	12,8	513	
2.	Энциадъ	В. Гершель	29 авг. 1789 >	12,3	635	
3.	Фелида	Д. Кассини	мартъ 1684 >	11,4	989	
4.	Диона	Д. Кассини	мартъ 1684 >	11,5	941	
5.	Рея	Д. Кассини	23 дек. 1672 >	10,8	1295	
6.	Титанъ	Гюйгенсъ	25 марта 1655 >	9,4	2443	
7.	Гиперионъ	{ Бондъ Лассель	{ 16 сент. 18 >	1848 >	13,7	330
8.	Япетъ	Д. Кассини	въ окр. 1671 >			

\* На рис. 175 изображенъ Сатурнъ со своими спутниками. \* Таблицы, данныя въ концѣ книги, показываютъ, что между Япетомъ и Титаномъ по открытію Гипериона существовала большая прогнль, который отъ открытій Гипериона былъ несколько умень-

шенъ и который еще Гюйгенсу далъ поводъ къ догадкамъ о существованіи спутника въ этомъ мѣстѣ, подобно тому, какъ въ ряду большихъ планетъ прогнль между Марсомъ и Юпитеромъ, заполненный впоследствии астероидами, наводилъ на мысль о существованіи одной или даже нѣсколькихъ планетъ въ этомъ промежуткѣ. Д. Гершель, имѣя въ виду малые размеры Гипериона, который слабѣе Мимаса и только вслѣдствіе большаго удаленія отъ Сатурна можетъ быть наблюдаемъ легче, чѣмъ Мимасъ, про-

велъ аналогію между двумя указанными случаями еще дальше и высказалъ предположеніе о существованіи нѣсколькихъ еще неизвѣстныхъ спутниковъ.

Япетъ, наиболее удаленная спутника Япетъ движется съ теченіемъ времени и колеблется по изслѣдованіямъ Пикеринга между 11,5 и 12,8 величинами. Вслѣдствіе этого открытій его астрономъ Кассини терять его изъ виду постоянно черезъ 2 или 3 дня послѣ верхняго его соединенія и снова могъ его наблюдать только черезъ 2 или 3 дня послѣ нижняго соединенія. Впервые прослѣдилъ его по всей орбитѣ В. Гершель, и при этомъ онъ обнаружилъ, что наибольшаго блеска Япетъ достигаетъ въ промежуткѣ отъ 6° до 120° послѣ нижняго соединенія, а наименьшаго въ промежуткѣ отъ 7° послѣ противоположнаго нижняго соединенія. На этомъ основаніи въ высшей степени вѣроятно, что Япетъ, подобно своимъ братьямъ, совершаетъ полный оборотъ около оси въ такой же промежутокъ времени, въ своемъ описываеиъ полный кругъ около планеты такъ что подобное соотншеніе существуетъ, подобному, у многихъ, а можетъ-быть даже у всѣхъ спутниковъ нашей солнечной системы.

Въ 1894 году Барнардъ при помощи большаго рефрактора Ликской обсерваторіи удалось обнаружить первыми и вторыми спутниками Сатурна наибольшую яркую изъ спутниковъ Сатурна Титанъ который въ то же время является иди нтъ самымъ древнимъ.

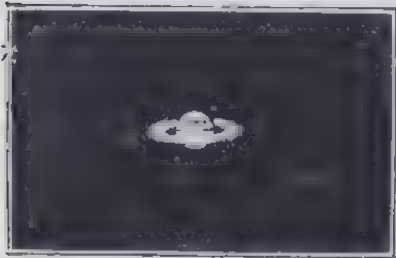


Рис. 175.

Барнард нашел, что при среднем удалении Сатурна от солнца этот диаметр составляет  $0,59''$ , откуда истинный диаметр Титана получается равным 4060 километрам, и следовательно, Титан несколько больше нашей Луны. Гессеранц на основании изменений в положении линии узлов орбиты Януса вычислил, что масса Титана составляет  $\frac{1}{116}$  массы Сатурна. Ньюкомб, изследова обратное движение перисатурна и Гиперiona, нашел для массы Титана величину  $\frac{1}{120}$ . Зная массу и диаметр Титана мы находим, что его плотность приблизительно в два раза больше плотности Сатурна.

Витязия яркости спутников Сатурна выше были даны на основании определения Пиллеринга. Их весьма небольшое яркостью объясняется то обстоятельство, что даже В. Гершель при помощи своего гигантского телескопа мог открыть ближайших к планете спутников, Мимаса и Энцелая, только в то время когда кольцо Сатурна почти исчезло и представлялось в вид весьма тонкой светлой дорожки, около которой в течение нескольких часов блуждали подобно весьма маленьким кометам два эти спутника, скоро снова исчезавшие за кольцом.

Приведенны в последнем столбце величины диаметров вычислены в предположении, что спутники Сатурна такие же, как и эта же самая планета, но в действительности такое предположение, по крайней мере для Титана, поистинному, совершенно не верно, так как непосредственные измерения Барнарда дают для диаметра этого спутника гораздо большую величину, что заставляет считать диаметр Титана меньше действительным. Кроме того, так как согласно с выше сказанным яркость Януса подтверждена измерениями, то определение размеров спутников Сатурна, основанное на фотометрических наблюдениях вообще нельзя считать достаточно точным. Но, во всяком случае, оставляя в стороне Титана, следует признать, что во всем из остальных спутников Сатурна по своим размерам даже приблизительно не равняется нашей Луне.

Орбиты спутников Сатурна, за исключением орбит Януса, расположены в плоскостях, почти совпадающих с плоскостью кольца. Следовательно, для спутников Сатурна наклоны плоскостей орбит к плоскости орбит главной планеты гораздо значительнее, чем для спутников Юпитера, и достигают даже до  $30^\circ$ . Поэтому, спутники Сатурна весьма редко вступают в конус тени, образуемой главной планетой и также редко проходят перед диском планеты. При этом чаще всего удавалось наблюдать тень Титана на диске Сатурна. Так, в 1862 году Дюверу и Шагорнаку, в 1877 году Бакеенделю и в 1892 году Терби при этом последнем также два раза поспетивилось во время таких прохождении наблюдать Титан в вид бледного круглого пятна на диске планеты. Но очевидно Гербш прохождения Титана происходят совершенно так же, как и прохождения третьего спутника Юпитера, при этом он предполагает, что ему удалось заметить некоторые явления, которые уславляют на существование пятен на поверхности спутника.

Между временами обращения спутников Сатурна существуют соотношения, подобные тем, которые существуют между временами обращения спутников Юпитера. Так, Гершель нашел, что время обращения первого спутника, Мимаса, равно половине времени обращения третьего спутника, Фетиды, и также время обращения второго спутника, Энцелая, равно половине времени обращения четвертого спутника Дионы. Д'Арре дополнил эти изследования Гершеля, доказав, что продолжительность 494 оборотов первого спутника равняется продолжительности 340 оборотов второго и составляет 465 суток 18 часов. Поэтому, через 465 суток Мимас, Энцелай, Фетиды и Диона приходят

\*) Перисатурномъ какого нибудь спутника называется та точка ея орбиты, которая находится къ Сатурну ближе всѣхъ остальныхъ.

въ прежнее положеніе не только по отношенію другъ къ другу, но также и по отношенію къ Сатурну и солнцу, причѣмъ въ этотъ промежутокъ времени они совершаютъ соотвѣственно 494, 340, 247 и 170 оборотовъ.

Еще болѣе важнымъ является соотношеніе, состоящее въ томъ, что утроенное время обращенія Гинеріона почти въ точности равняется учетверенному времени обращенія Титана. Вѣдѣтнѣе этого перисатурній Гинеріона, какъ показали сначала А. Холь на основаніи своихъ наблюденій, а затѣмъ Ньюкомбъ на основаніи теоретическихъ соображеній, совершаетъ обратное движеніе, составляющее круглымъ числомъ  $20^{\circ}$  въ годъ. Наконецъ, Г. Струве, кромѣ вышеупомянутыхъ соотношеній, нашелъ еще два относящихся къ движенію Мимаса и Фетиды и два относящихся къ движенію Энцелая и Діоны, причѣмъ эти новыя соотношенія не только представляютъ интересъ для теории движеній въ системѣ Сатурна, но также и вообще обращаютъ на себя вниманіе какъ замѣчательныя законы, по которымъ происходятъ движенія небесныхъ тѣлъ. Эти соотношенія состоятъ въ слѣдующемъ.

1) Соединенія Мимаса и Фетиды въ среднемъ имѣютъ мѣсто постоянно около точки, лежащей посрединѣ между восходящими узлами ихъ орбитъ надъ плоскостью экватора Сатурна. Въ действительности же точка, въ которой происходятъ эти соединенія, вообще можетъ удалиться отъ только-что упомянутой точки почти на  $48^{\circ}$ , и полный періодъ такой либраціи равняется 68 годамъ.

2) Соединенія Энцелая и Діоны происходятъ, съ нѣкоторыми колебаніями, постоянно около перисатурнія Энцелая.

На основаніи этихъ законовъ можно опредѣлить массы Мимаса, Фетиды и Діоны. Принимая массу Сатурна за единицу, мы для массы каждаго изъ этихъ спутниковъ получаемъ слѣдующія величины:

Спутникъ	Масса
Мимасъ . . . . .	$\frac{1}{1150000}$
Фетиды . . . . .	$\frac{1}{767000}$
Діона . . . . .	$\frac{1}{52800}$

\* Въ заключеніе этого параграфа необходимо замѣтить, что въ мартѣ мѣсяцѣ 1899 г. В. Пикерингъ оповѣстилъ ученый міръ, что имъ въ Арквивѣ открытъ при помощи фотографии весьма слабый девятый спутникъ Сатурна, обращающійся вокругъ планеты въ 17 мѣсяцевъ. Но въ виду того, что это открытіе впоследствии никѣмъ подтверждено не было, существованіе девятаго спутника Сатурна слѣдуетъ считать сомнительнымъ. \*

§ 130 **Спутники Урана.** Урану въ теченіе болѣе чѣмъ 50 лѣтъ приписывали, слѣдя В. Гершелю, 6 спутниковъ. Но изъ нихъ только два, которые были открыты В. Гершедемъ раньше другихъ, кромѣ него наблюдались уже неоднократно и другими лицами, остальныхъ же четырехъ, даже при гораздо болѣе благоприятныхъ атмосферическихъ условіяхъ, чѣмъ тѣ, которыя господствуютъ въ Англій, и при помощи болѣе могущественныхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, чѣмъ тѣ, которыя были въ распоряженіи В. Гершеля, никто кромѣ него никогда послѣ того не видѣлъ. Напротивъ того, въ серединѣ XIX-го столѣтія Лассель на островѣ Мальтѣ открылъ 2 новыхъ спутника, которые доходятъ къ главной планетѣ ближе, чѣмъ только-что упомянутыя минимы внутреннія Гершелевы спутники. Такимъ образомъ въ настоящее время намъ извѣстны слѣдующіе четыре спутника Урана:

Титанія	} открыты В. Гершедемъ 11 января 1787 года,
Оберонъ	
Аріель	} открыты Ласселемъ 24 октября 1851 года.
Умбриэль	

Именемъ этихъ небесныхъ тѣлъ были даны В. Гершедемъ въ честь Шекспира

и Понс Пикеринг изшелъ, что Титанія и Оберонъ во время оппозиции по яркости равняются, въ среднемъ, звездамъ 14.2 и 14.4 величины. Поэтому, полагая, что альbedo этихъ спутниковъ такое же, какъ и альbedo главной планеты, мы можемъ объявить ихъ диаметры въ 942 и 875 километровъ.

Ариель и Умбриель, которые никогда не удаляются отъ Урана соответственно болѣе какъ на 15° и 20', принадлежать къ числу весьма трудно наблюдаемыхъ предметовъ, хотя уже то обстоятельство, что они, вообще, могутъ быть видимы, даетъ поводъ къ догадкамъ о болѣе или менѣе значительныхъ размерахъ этихъ спутниковъ. Но, несмотря на трудность ихъ наблюдения, Фогель видѣлъ Умбриеля и вѣроятно также Ариеля при помощи рефрактора съ объективомъ въ 24 сантиметра. Далѣе, профессоръ Хольдгей изъ Вашингтона сдѣлалъ попытку доказать, что Ариель и Умбриель были наблюдаемы еще В. Гершелемъ, но только онъ не призналъ въ нихъ спутниковъ.

Кривыя орбиты спутниковъ Урана по опредѣленію Ньюкомба все лежатъ въ одной и той же плоскости, которая приблизительно перпендикулярна къ плоскости орбиты. Следовательно, если и въ этомъ случаѣ такъ же, какъ въ системахъ Юпитера и Сатурна, орбиты спутниковъ лежатъ приблизительно въ плоскости экватора ихъ планеты, то наклонность эклиптики для Урана должна быть близка къ 90°, и, следовательно, къ этой планетѣ непосредственно можетъ быть примѣнено все то, что было сказано въ § 37 первой части. ДАрре также и для этихъ спутниковъ открылъ замѣчательное соотношение, вѣдствие котораго въ то время, когда имѣетъ мѣсто ураницентрическое \*) соединеніе по долготѣ двухъ внутреннихъ спутниковъ, соединеніе двухъ внешнихъ спутниковъ другъ съ другомъ можетъ произойти только въ одномъ опредѣленномъ мѣстѣ. Поэтому и одновременное соединеніе всѣхъ четырехъ спутниковъ можетъ произойти вообще только въ этомъ мѣстѣ и нигдѣ болѣе.

Общее названіе *Georgian Satellites*, предложенное В. Гершелемъ для спутниковъ Урана, не было принято, совершенно такъ же, какъ не были приняты названія *Medicea Sidera* и *Ludovicae Sidera*, предложенныя Галилеемъ и Кассини для спутниковъ Юпитера и Сатурна.

§ 131. **Спутникъ Нептуна.** У Нептуна до сихъ поръ вполнѣ достоверно извѣстенъ намъ только одинъ спутникъ, который былъ открытъ Ласселемъ 10 октября 1846 года. Плоскость его орбиты составляетъ съ плоскостью орбиты Нептуна значительный уголъ, и самая орбита, по изслѣдованіямъ Ньюкомба, оказывается кривою. По яркости Пикерингъ причисляетъ этого спутника къ звездамъ 13.8 величины и на этомъ основаніи находить, что его диаметръ составляетъ 3630 километровъ.

Лассель полагаетъ, что 14 августа 1850 года онъ видѣлъ второго спутника; однако, это наблюденіе впоследствии не подтвердилось. Уже гораздо позже, именно 24 октября 1892 года, Шеберле при необыкновенно прозрачномъ воздухѣ съ помощью большого рефрактора Ликской обсерваторіи замѣтилъ вблизи Нептуна весьма слабую, находящуюся на границѣ видимости для этого инструмента, звѣздочку, которая вѣдствие собственного движенія, замѣченнаго у нея въ теченіе 1 часа 40 минутъ, могла бы быть вторымъ спутникомъ Нептуна; однако, и этотъ спутникъ послѣ того никѣмъ болѣе наблюдѣтъ не былъ.

Для рѣшенія вопроса, съ помощью какой астрономической трубы могутъ быть наблюдаемы спутники Урана и Нептуна, А. Холь даетъ слѣдующее правило. Спутникъ Ресула ( $\alpha$  Leonis), находящійся въ 3 минутахъ къ сѣверу отъ этой звѣзды, самъ обладаетъ маленькимъ спутникомъ. При помощи трубы, въ которую видѣтъ этотъ послѣдній, легко можно различить также двухъ внешнихъ спутниковъ Урана и спутника Нептуна. При по-

\* Слово «ураноцентрической» обозначаетъ видимыя изъ центра Урана.

мощи же такой трубы, въ которую можно видѣть спутника звѣзды 5-й величины *A Leonis*, можно также наблюдать двухъ внутреннихъ спутниковъ Урана.

§ 132 **Возможные спутники Меркурія и Венеры.** Открытие спутниковъ Марса снова вызвало на сцену вопросъ о томъ, действительно ли лишены спутниковъ Меркурій и Венера, эти единственная изъ большихъ планетъ, у которыхъ до сихъ поръ мы еще не знаемъ ни одного спутника, или же, можетъ-быть, ихъ спутники не поддаются нашимъ наблюдениямъ только вѣдѣтвие чрезвычайной ихъ слабости.

Что касается Меркурія, то извѣстно, что онъ является наименьшимъ среди большихъ планетъ (§ 45) и также принадлежитъ къ сравнительно трудно наблюдаемымъ тѣламъ этой группы. Поэтому, если у Меркурія действительно есть одинъ или нѣсколько спутниковъ, и если эти спутники по своимъ размерамъ находятся приблизительно въ такомъ же отстоянн къ Меркурию, къ какому спутники Марса къ своей планетѣ, то вѣдѣтвие ихъ незначительнаго диаметра во время довольно часто случающихся прохожденн Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ они никогда не могли бы быть наблюдаемы на этомъ послѣднемъ. и на самомъ дѣлѣ до сихъ поръ еще не было случая, чтобы кто-нибудь во время такихъ прохожденн видѣлъ спутника Меркурія. Да и вообще въ виду весьма неблагоприятныхъ условий видимости Меркурія (§ 37), по крайней мѣрѣ, въ нашихъ странахъ, у насъ слишкомъ мало надежды на то, чтобы спутники Меркурія могли быть открыты также и не во время прохожденн планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Въ самомъ дѣлѣ Меркурій можетъ быть наблюдаемъ или днемъ при помощи сильныхъ трубъ, или же въ началѣ сумерекъ, причемъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ онъ всегда находится весьма близко къ горизонту, и, вѣдѣтвие этого, туманъ и испаренн дѣлаютъ совершенно невозможнымъ открытн слабого небеснаго тѣла вблизи Меркурія.

Нѣсколько иначе обстоятъ дѣло относительно Венеры. Съ середины XVII до середины XVIII столѣтн наблюдатели неоднократно указывали на то, что они видѣли спутника Венеры. Однако, нѣкоторая часть этихъ наблюдени, какъ показала Стефанъ (§ 48), относится къ неподвижнымъ звѣздамъ, вблизи которыхъ проходила Венера во время своего движени въ другой части наблюдени за спутника Венеры могъ быть принятъ тотъ или другой яркий астероидъ, случайно находившнся недалеко отъ Венеры; наконецъ, все остальные наблюдени должны быть объяснены оптическими обманами, такъ какъ съ середины XVIII столѣтн, несмотря на колоссальное улучшенн нашихъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, никогда не было замѣчено даже малѣйшаго слѣда этого мнимаго спутника Венеры. Поэтому, оставляя въ сторонѣ все отчеты объ этихъ мнимыхъ открытнхъ, скажемъ только, что изъ классическихъ фотометрическихъ изслѣдованн Пикеринга слѣдуетъ, что спутникъ Венеры не могъ бы ускользнуть отъ нашихъ наблюдени, если бы дѣло шло свѣта его былъ, въ тѣбѣтн пятьдесятъ тысячъ разъ меньше силы свѣта самой Венеры. Если бы отражательная способность этого спутника была лишь немного меньше отражательной способности Венеры, хотя мы не имѣемъ никакого права дѣлать такого предположенн, то диаметръ такого спутника былъ бы меньше диаметра каждаго изъ спутниковъ Марса и при наибольшемъ удаленн Венеры усматривался бы съ земли подъ угломъ, равнымъ 0,03".

## Г Л А В А XIII.

## К о м е т ы.

§ 133. **Число комет** Кроме планетъ и ихъ спутниковъ, которые мы разсмотрѣли въ предыдущихъ главахъ, существуютъ еще большее число другихъ небесныхъ тѣлъ, такъ называемыхъ кометъ, которыя, подобно планетамъ, совершаютъ свое движеніе около солнца, но которыя уже при первомъ взглядѣ на нихъ отличаются отъ планетъ своимъ видомъ и которыя долгое время служили предметомъ страха для людей, такъ какъ ихъ считали за предназначенные чрезвычайнаго гнѣва боговъ.

Въ древнія времена, когда еще не было зрительныхъ трубъ, наблюдались только такія кометы, которыя можно было видѣть невооруженнымъ глазомъ, да и изъ нихъ только наиболѣе значительныя считались достойными занесена въ лѣтописи. Кроме того, многія изъ этихъ тѣлъ, приближаясь къ землѣ, перемѣщаются среди звѣздъ южнаго полюса и иногда даже находятся вблизи южнаго полюса, такъ что остаются невидимыми для жителей Европы. Съ другой стороны, нѣкоторыя кометы, при своемъ приближеніи къ землѣ, проходятъ черезъ такія созвѣздія, вблизи которыхъ находится солнце, следовательно, нѣтъ горизонтомъ онѣ были днемъ и по этой причинѣ не могли быть замѣчены. Наконецъ, многія другія кометы появлялись во время пасмурной погоды, при покрывомъ облаками небѣ, и, вслѣдствіе этого, также не могли быть наблюдаемы. Но, несмотря на это, наши лѣтописи упоминаютъ приблизительно пятьсотъ кометъ, которыя были видимы невооруженнымъ глазомъ. Впрочемъ, необходимо еще замѣтить, что кометъ по большей части бываютъ настолько малы и слабы, что вообще онѣ совершенно не могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ, но зато обыкновенно ежегодно открываются нѣсколько телескопическихъ кометъ, которыя и наблюдаются въ течение болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Если наши предшественники были такъ тщетливы въ отношеніи чтенія наблюдавшихся кометъ, то сколько же этихъ небесныхъ тѣлъ должно было быть теперь за тѣ 6000 лѣтъ, въ теченіе которыхъ существуютъ истори челоучества? Поэтому едва ли можно считать преувеличеннымъ выраженіе Кюйлера, что кометъ такъ же много, какъ рыбъ въ морѣ.

§ 134. **Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики** Мы уже неоднократно упоминали, что орбиты планетъ, по крайней мѣрѣ большихъ, наклонены къ плоскости эклиптики подъ малыми углами и что всѣ планеты совершаютъ свои движенія по одному и тому же направленію, именно съ запада на востокъ. Но все это оказывается несправедливымъ относительно кометъ, такъ какъ эти небесныя тѣла могутъ двигаться около солнца по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, и наклонности ихъ орбитъ могутъ имѣть всѣ значенія отъ  $0^\circ$  до  $180^\circ$ .

Чтобы избѣгнуть безцѣльныхъ повтореній, мы теперь же подробно объяснимъ, какимъ образомъ считаются наклонности кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики.

Если мы мысленно будемъ вращать плоскость  $AA'$  (рис. 176) около неподвижной плоскости  $EE'$ , такъ что линия ихъ пересѣченія  $ax'$  будетъ оставаться неизмѣнною, а уголъ наклоненія  $ASE$  постоянно будетъ увеличиваться, то онъ, наконецъ, достигнетъ болѣе  $90^\circ$  (рис. 177) и при дальнѣйшемъ увеличеніи окончательно возрастетъ до  $180^\circ$ .

Вопреки такому поведенію древніе астрономы полагали, что уголъ между двумя плоскостями никогда не можетъ быть болѣе прямого, т. е. болѣе  $90^\circ$ , и потому въ наст.

номъ случаѣ (рис. 177) въ наклонности одной плоскости къ другой считали не тотъ уголъ, который больше  $90^\circ$ , а смежный съ нимъ уголъ  $ASB$ , который, конечно, меньше  $90^\circ$ .

Такую же точку зрѣнія усвоили себѣ и послѣдующе астрономы. Но чтобы различить между собою двѣ кометныя орбиты  $AA'$ , которыя изображены на рисункахъ 176 и 177 и которыя, согласно съ только что изложеннымъ способомъ счета угловъ, обѣ были бы наклонены къ плоскости эклиптики, напримеръ, подъ угломъ, равнымъ  $30^\circ$ , нужно установить еще какой-нибудь другой отличительный признакъ.

Пусть на рис. 176 стрѣлки указываютъ направление движенія земли и какой-нибудь кометы съ небольшою сравнительно наклонностью. Въ такомъ случаѣ, при послѣ-

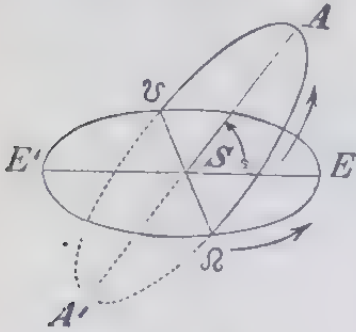


Рис. 176.

вательномъ увеличеніи наклонности кометной орбиты до  $90^\circ$  и болѣе, движеніе кометы, какъ показываетъ рис. 177, стѣлается противоположнымъ движенію земли и, слѣдовательно, движенію всѣхъ остальныхъ планетъ. Вотъ на это-то обстоятельство и было обращено вниманіе, и движеніе такого рода кометъ было названо обратнымъ, чтобы отличить эти кометы отъ кометъ съ наклонностью меньше  $90^\circ$ , движеніе которыхъ получило названіе прямого. Поэтому наклонность въ  $30^\circ$  при обратномъ движеніи обозначаетъ то же самое, что и наклонность въ  $150^\circ$  безъ указанія на направленіе движенія. Гауссъ въ началѣ XIX столѣтія въ своей знаменитой «Theoria motus» впервые обратилъ внима-

ніе на неослѣдовательность такого способа счета угловъ наклоненія и предлагалъ считать эти углы отъ  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Этотъ способъ является единственнымъ согласующимся съ природою, и при такомъ счетѣ дѣлается явнымъ различіе между прямымъ и обратнымъ движеніемъ. Поэтому такой способъ счета угловъ наклоненія и дѣйствительно былъ мало-по-малу принятъ всеми астрономами, и въ настоящее время онъ является единственнымъ употребляющимся среди ученыхъ. Только въ популярнымъ сочиненіяхъ и въ свѣдѣніяхъ вычисленныхъ кометныхъ орбитъ еще до сихъ поръ употребляется старая способъ. Но въ настоящей книгѣ мы рѣшились нарушить этотъ обычай и вездѣ придерживаемся исключительно новаго, указаннаго Гауссомъ, счета угловъ наклоненія отъ  $0^\circ$  до  $180^\circ$ ; но при этомъ еще разъ считаемъ своимъ долгомъ подчеркнуть то обстоятельство, что углы наклоненія, превосходящіе  $90^\circ$ , принадлежатъ орбитамъ такихъ кометъ, движеніе которыхъ прежде считалось обратнымъ.

§ 135. Видъ и размѣры кометъ. Небольшія телескопическія кометы обыкновенно представляются въ видѣ блѣдной, размытой на краяхъ туманной массы, нѣбующей нѣскольکو дуговыхъ минутъ въ діаметрѣ. Эта масса своимъ видомъ напоминаетъ «во-

локно», (рис. 178). Въ серединѣ ея во большей части бываетъ ступенне въ видѣ ядра, нѣрѣдко во сѣрѣдкѣ ступеннаго съ центромъ всей массы. Это ступенне ядро представляется въ видѣ мѣстнаго стѣклои точки, имѣющей болѣе сходство съ неподвижной звѣздой; ядро же рѣдѣетъ по мѣрѣ, можно сказать, нѣскольکو такихъ ступеней, такъ что общій видъ кометы напоминаетъ намъ грануляціонное строеніе.

Большія части кометъ, кромѣ головы и ядра, имѣютъ еще хвостъ или, по крайней мѣрѣ, хвостовыя продолженія. Въ этомъ случаѣ «волосы» окружаютъ ядро въ видѣ кометы узкой лентою или обертываютъ со стороны хвоста, ядро и блѣднымъ къ нему раз-

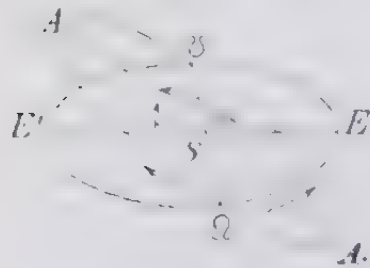


Рис. 177.

стоянии обыкновенно кажется окруженным болѣе темнымъ пространствомъ, и только уже на болѣе далекомъ разстоянн его окружаетъ свѣтлая оболочка. У многихъ кометъ наблюдали два или даже три такихъ свѣтлыхъ кольца, которая были отдѣлены одно отъ другого темными кольцами. Хвостъ иногда также бываетъ отдѣленъ отъ «головы» темнымъ пространствомъ, какъ это, напр., было въ кометѣ 1873 IV \*). Еще Апплянъ въ 1531 году утверждалъ, что хвостъ кометы всегда располагается по продолженію линіи, соединяющей солнце съ кометой. Но изслѣдованіемъ Бю это свойство кометныхъ хвостовъ было извѣстно еще гораздо раньше китайцамъ. Но справедливо собственно только то, что хвостъ, по большей части, бываетъ направленъ въ сторону, противоположную солнцу. Въ дѣйствительности же очень часто хвостъ составляетъ съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ, весьма значительный уголъ, включительно до прямого, отклоняясь при этомъ всегда въ сторону, противоположную направленію движенія кометы. Такъ какъ наклонъ хвоста по мѣрѣ удаленія отъ ядра увеличивается, то хвостъ по большей части кажется намъ искривленнымъ, причѣмъ его вогнутая сторона обращена туда, откуда комета движется, и, кромѣ того, вогнутая сторона хвоста по большей части кажется менѣе яркой и не такъ резко ограниченною, какъ выпуклая. Точно также хвостъ никогда образомъ не располагается всегда въ плоскости орбиты, какъ это впервые показали Вальдъ по отношенію ко многимъ кометамъ и особенно Скарпанелли по отношенію къ кометѣ 1862 III.

Далѣе, неоднократно также наблюдались такіа кометы, у которыхъ было два, три и даже болѣе хвостовъ, обращенныхъ по большей части въ одну и ту же сторону. Такъ, комета 1744 года (рис. 178) имѣла шесть, а по показанію нѣкоторыхъ наблюдателей даже семь хвостовъ, или, вѣрнѣе сказать, хвостъ этой кометы состоялъ изъ шести частей, которая отъ ядра или головы распространялись въ видѣ вѣера, причѣмъ каждая часть въ ширину достигала  $4^{\circ}$ , а въ длину  $30^{\circ}$  и даже  $40^{\circ}$ . Въ XIX-мъ столѣтіи у нѣкоторыхъ кометъ наблюдались два хвоста, расположенные по двумъ почти прямо противоположнымъ направленіямъ, такъ что одинъ былъ обращенъ къ солнцу, а другой направленъ отъ него. Это въ высшей степени замѣтное явление впервые было замѣчено Олберсомъ въ кометѣ 1823 года после кометъ 1830 I и 1851 IV представляли подобное же явленіе.



Рис. 178.

Кромѣ того, постоянно обращали на себя вниманіе въ высшей степени сильнаго движенія, наблюдавшіяся почти во всѣхъ значительныхъ хвостахъ и состояща въ быстрой слѣдующихъ другъ за другомъ увеличеній и укорачиваній хвоста, вѣроятно чѣмъ иногда частицы того вещества, изъ котораго состоитъ хвостъ кометы, въ нѣсколько секундъ пробыли видимымъ образомъ мильоны километровъ въ ту и другую сторону. Впрочемъ причину этого явленія можно искать въ воздушныхъ тѣнѣхъ въ высшихъ слояхъ нашей атмосферы. Но, помимо этихъ исключительно возмущеній, въ головѣ и хвостѣ такихъ кометъ, которая при своемъ прохожденіи черезъ перигелий подходитъ очень близко къ солнцу, происходятъ также весьма большія дѣйствительныя измѣненія, о чемъ нѣмного будемъ говорить подробнѣе.

Причину образованія хвостовъ можно искать только въ солнцѣ, такъ какъ они всегда

\*) Если въ одинъ годъ было открыто нѣсколько кометъ, то такое болѣе частое открытіе не только на годъ послѣдующей кометы, но также и на перигелий, въ которомъ она проходитъ черезъ перигелий.



ности тот и рождается в то время, когда комета приближается к солнцу; по мере удаления расстояния между солнцем и кометой, они уменьшаются, наибольшим образом доплавать немного спустя после прохождения кометы через перигелий и затем сь уменьшаются кометы оть солнца, снова постепенно уменьшаются.

Значительные кометные хвосты по большей части кажутся раздѣленными посерединѣ по всей своей длинѣ темной, широкой полосой, вследствие чего получается видъ, будто комета обладает двойнымъ хвостомъ. Древние астрономы считали эту темную полосу тѣнью, которую отбрасываетъ ядро, освѣщаемое на своей передней сторонѣ солнцемъ. Однако это мнѣніе неверно, такъ какъ эта полоса наблюдается также и у такихъ кометъ, хвосты которыхъ составляютъ весьма большой уголъ съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ, а между тѣмъ тѣнь, отбрасываемая ядромъ, должна была бы располагаться всегда именно по этой линіи. Кроме того, въ томъ случаѣ, когда комета остается видимой еще долгое время спустя послѣ прохождения черезъ перигелий, эта темная полоса очень часто теряетъ мало по малу яркость и интенсивность и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаетъ, какъ это было въ большой кометѣ 1838 года, о которой впоследствии мы будемъ говорить болѣе подробно. Поэтому гораздо болѣе вѣроятнымъ является предположеніе, что хвостъ кометы не есть какъ обыкновенно думаютъ, продолженіе ея головы, но представляетъ собою полый свѣтящийся собственнымъ слабымъ свѣтомъ прозрачный конусъ, который расширяется кометнымъ веществомъ постепенно и потому вначалѣ естественно долженъ намъ казаться на краяхъ болѣе свѣтлымъ, чѣмъ въ серединѣ. Такъ, яркая комета



Рис. 179.

1811 года съ своей яркой головой при наблюденіяхъ въ хорошую зрѣлую трубу имѣла видъ шарообразнаго источника свѣта, помѣщеннаго въ фокусѣ прозрачнаго параболическаго \*) стекляннаго колокола. Шарообразная голова кометы, съ яркимъ, подобнымъ звѣздѣ ядромъ въ центрѣ, была окружена кольцомъ темно-сѣраго цвѣта, сквозь которое можно было видѣть безъ всякаго ослабленія даже самыя слабыя звѣзды. Темное кольцо, въ свою очередь, было окружено другимъ болѣе слабымъ, которое со стороны противоположной солнцу, было открыто и раздѣлялось на два свѣтовыхъ потока, простировавшихся на много милліоновъ километровъ. Такимъ образомъ, хвостъ получалъ видъ огромной параболической горючки, желтоватый свѣтъ которой составлялъ бросившись въ глаза контрастъ съ зеленовато-голубой окраской головы. Болѣе точное понятие объ этомъ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 179, на которомъ комета изображена по наблюденіямъ Ольберса 7 сентября 1811 года. Голова  $C$  имѣла круглую, только ограниченную форму, и диаметръ ея составлялъ 2". Темное пространство  $fbady$  внутри головы  $C$ , въ свою очередь, было окружено свѣтлой широкой дугой  $FBA DG$ .

Обе дуги въ этой дугѣ, внѣшняя и внутренняя, имѣли приблизительно видъ параболы. Имѣли радиусы  $CA = 6,9$ ,  $BD = 23,3$ , и если по оси  $ACE$  кометы вѣсть дальнѣ  $CE = 33,3$ , то радиусы  $FG = 53,0$ . Внутренняя темная часть  $fbady$  отличалась цветомъ значительно отъ темной синевы неба или параболическаго пространства  $FBA DG$ , фокусъ котораго по вѣщью на глазъ находился въ точкѣ  $C$ . Сообразно съ этимъ оно казалось какъ бы заключеннымъ внутри параболическаго колокола, съ острымъ концомъ его со стороны  $C$ . Одеяніи Ольберсъ заключилъ, что свѣтъ ядра кометы и ея атмосферой, отпалкивается какъ кометой такъ и сол-



Разныя формы кометъ.



Комета 1811 г.

чемъ, и что сообразно съ этимъ онѣ сходятся тамъ, гдѣ обѣ отталкивательныя силы уравновѣшиваютъ другъ друга. Даже сквозь свѣтлое параболическое кольцо можно было еще хорошо видѣть звѣзды 8-й и 9-й величины, хотя ихъ свѣтъ въ этомъ случаѣ все же значительно ослаблялся. Въ моментъ наибольшаго приближенія кометы къ землѣ, именно 15 октября, когда разстояніе отъ кометы до земли равнялось 1,23 радиуса земной орбиты, длина хвоста доходила до 25° или приблизительно до 90 миллионовъ километровъ, а ширина гетнаго кольца около головы  $\epsilon'$  составляла приблизительно 5' или 266000 километровъ.

Рисунокъ 180 изображаетъ комету Энке въ томъ видѣ, какой она имѣла 30 ноября 1828 года. Эта комета вообще представляетъ типичскую форму слабой телескопической кометы. Въ ней наиболѣе яркая часть ядра  $k$  отстояла необыкновенно далеко и отъ центра туманной массы  $K$ , и отъ центра болѣе яркаго, окружающаго ядро кольца  $\alpha\beta\gamma\delta$ . Линія  $fg$  указываетъ направленіе отъ ядра  $k$  къ солнцу. Диаметръ  $cd$  всей туманной массы составлялъ приблизительно 9', диаметръ  $\alpha\gamma$  болѣе свѣтлой части достигалъ 4'. Граница  $cad$  имѣла параболическую форму, и вся часть  $cd$  была гораздо ярче остальной части  $cdb$ , граница которой не была достаточно рѣзко ограничена и скорѣе подходила къ окружности круга.

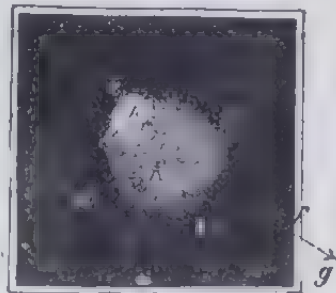


Рис. 180

На рисунокъ 181 изображена комета 1819 года, хотя и не принадлежащая къ числу большихъ кометъ, но, тѣмъ не менѣе, весьма замѣчательная и по своему виду представляющая часто встрѣчающийся типъ большихъ кометъ.

\* На приложенной при семь таблицъ, на верхнемъ рисункѣ изображены слѣдующія кометы: 1) комета 1577 года, 2) комета 1680 года и 3) комета 1769 года. На нижнемъ же рисункѣ изображена комета 1811 года. \*

§ 136. **Самыя большія кометы.** Большая часть тѣхъ кометъ, которыя были видны въ новѣйшее время, относится къ такъ называемымъ телескопическимъ кометамъ, всѣ эти кометы были настолько малы и слабы, что ихъ можно было различить, да и то съ трудомъ, только при помощи зрительной трубы. Наиболѣе замѣчательныя кометы появились въ 1807, 1811, 1835 (комета Галлея), 1843, 1858, 1861, 1862, 1874, 1881 и 1882 годахъ, хотя и эти кометы, если только вѣрить показаніямъ древнихъ наблюдателей, не могутъ быть причислены къ самымъ яркимъ.

Въ этомъ параграфѣ мы перечислимъ нѣкоторыя изъ самыхъ яркихъ и самыхъ большихъ кометъ.

По словамъ Тевено, въ китайскихъ гѣтонсяхъ разсказывается объ одной кометѣ, которая ночью своимъ блескомъ затмила всѣ звѣзды и самую ночь обратила въ день. После смерти Деметрія, по показанію Сенеки, появилась комета, но величина речная дубъ, совершенно красная, но не очень яркая. О кометѣ, появившейся въ 371 году до Р. Хр. Аристотель пишетъ, что ея яркой и обширный хвостъ занималъ третью часть видимаго неба. Въ 43 году до Р. Хр., вскорѣ послѣ смерти Цезаря, появилась такая яркая комета, что ее можно было хорошо видѣть даже въ полдень. Римляне глумили, что

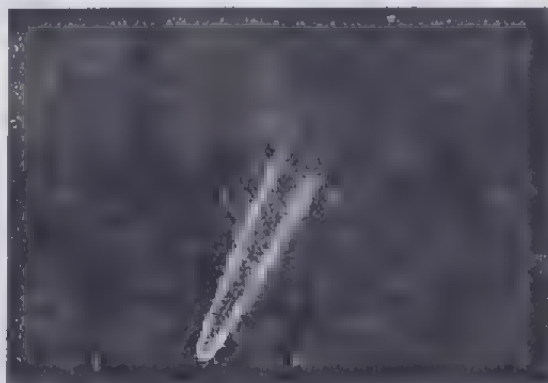


Рис. 181

Римляне глумили, что

она явилась для того, чтобы увести душу великаго диктатора на грѣнь боговъ. Поэтому комета была названа *Julium Sidus*, и даже солнце, покрытое бѣднымъ покрываломъ, должно было оплакивать смерть необыкновеннаго человѣка.

Во времена Перона, въ 60 году послѣ Р. Хр., появилась комета, которая, по показанію Сенеки, затмѣвала лучи восточнаго солнца. Въ 1402 году появились двѣ очень большія и яркія кометы. Комета 1532 года могла быть видима на небѣ въ теченіе цѣлаго дня. Комета 1618 года, появившаяся во времена Кеплера въ первый годъ тридцатилѣтней войны, обладала хвостомъ въ 100° длиною, такъ что конецъ хвоста еще находился подъ горизонтомъ, когда голова кометы уже занимала наивысшее положеніе на небѣ, и этотъ хвостъ казался еще болѣе страшнымъ потому, что онъ не оканчивался остриемъ, но все болѣе и болѣе расширялся въ видѣ вѣеръ. Комета 1680 года (см. табл., стр. 471) была такъ велика, что, хотя ее голова заходила восторѣ послѣ солнца, тѣнь не менѣе, часть ея хвоста, весьма широкаго и въ длину простиравшагося болѣе чѣмъ на 70°, была видна въ теченіе всей ночи. Одна изъ величайшихъ, наблюдавшихся до сихъ поръ, кометъ была комета 1744 года (рис. 178), которая, по отзывамъ астрономовъ того времени была 1 февраля этого года ярче Сиріуса, 8 февраля превосходила по яркости Юпитера, а въ началѣ марта даже Венеру при ея наибольшей яркости, такъ что изъ тѣней, находившихся въ тѣни, ее можно было очень хорошо видѣть невооруженнымъ глазомъ въ 1 часъ пополудни. Наконецъ, по своимъ размѣрамъ были замѣчательны также комета 1769 года (см. табл., стр. 471), хвостъ которой по длинѣ превосходилъ 90°, и комета 1811 года, хвостъ которой въ моментъ наибольшаго развитія достигалъ въ длину 120°.

До сихъ поръ, по обычаю астрономовъ, мы опредѣляли длину кометныхъ хвостовъ въ градусахъ, иначе говоря, мы давали тотъ уголъ, подъ которымъ усматривается съ земли хвостъ данной кометы. Но мы получили бы болѣе ясное представленіе о размѣрахъ хвостовъ, если бы могли выразить ихъ величину въ километрахъ. Однако, это часто бываетъ весьма затруднительно, такъ какъ, если мы можемъ точно вычислить расстояние, отдѣляющее комету отъ земли, то мы не можемъ съ такою же точностью опредѣлить положеніе хвоста относительно линіи зрѣнія. Вѣдѣтвѣ своего положенія хвосты часто кажутся намъ короче своихъ действительныхъ размѣровъ, къ этому присоединяется также весьма размытое и неопредѣленное очертаніе хвостовъ на концахъ, наиболѣе удаленныхъ отъ ядра. Шреттеръ и В. Гершель вѣрные сдѣлали попытку опредѣлять дѣйствительную величину хвостовъ. При этомъ онъ для хвостовъ различныхъ кометъ нашелъ длины, данныя въ слѣдующей табличкѣ.

Комета	Длина въ мильонахъ километровъ
1744 . . . . .	52
1769 . . . . .	70
1680 . . . . .	150
1811 . . . . .	160

Другіе примѣры будутъ приведены ниже.

Собравъ съ этихъ кометъ слѣдуетъ считать по размѣрамъ величайшими тѣлами солнечной системы. Ихъ хвосты занимаютъ иногда, какъ мы только-что видѣли, такой промежутокъ, которе болѣе разогоняя отъ земли до солнца. Точно также и диаметр ихъ ядра и къ нимъ онъ, или, иначе говоря, толщина хвостовъ можетъ часто составлять мѣстами миллионы километровъ. Голова кометы 1811 года (см. табл., стр. 471) имѣла радиусомъ, по крайней мѣрѣ, миллионъ километровъ. Этотъ диаметръ, слѣдовательно, въ 80 разъ превосходитъ диаметръ земли и въ 7 разъ диаметръ Юпитера, ближайшей планетныхъ планетъ такъ что голова этой кометы по объему была въ 340 разъ больше Юпитера и въ 510000 разъ больше земли, причемъ при этомъ вычисленіи не было принято во вни-

маніе ея огромный хвостъ, который по своей длинѣ былъ значительно больше средняго разстоянія отъ земли до солнца. Масса, одинъ разъ удалившаяся на столько миллионов километровъ отъ головы кометы, естественно, не можетъ быть снова притянута разрѣженнымъ веществомъ кометы, и этимъ легко объясняется постепенное уменьшеніе размѣровъ такихъ кометъ, которыя наблюдались уже по нѣскольку разъ.

§ 137. **Собственный свѣтъ и спектры кометъ.** Безъ сомнѣнія, было бы весьма интересно рѣшить вопросъ, являются ли кометы, подобно планетамъ, тѣлами темными, получающими свѣтъ только отъ солнца, или же онѣ, можетъ-быть, не только отражаютъ солнечный свѣтъ, но кромѣ того еще свѣтятся собственнымъ, хотя бы и гораздо болѣе слабымъ свѣтомъ.

Для рѣшенія этого вопроса въ прежнія времена старались открыть у кометъ фазы, подобныя тѣмъ, которыя наблюдаются у нашей луны, у Венеры и Меркурія, но при этомъ постоянно приходили къ отрицательнымъ результатамъ, такъ какъ вследствие особеннаго строенія кометъ вообще весьма трудно было бы замѣтить у нихъ фазы, если бы таковыя дѣйствительно существовали. Поэтому послѣ Араго неоднократно дѣлали попытки разрѣшить этотъ вопросъ при помощи изслѣдованія свѣта кометъ по отношенію къ поляризации, но и эти попытки также не привели ни къ какому рѣшительному результату. Известно, что обыкновенный свѣтовой лучъ дѣлается болѣе или менѣе поляризованнымъ, если онъ отражается отъ какого-нибудь другаго тѣла (§ 6). Поэтому, если бы было найдено, что свѣтъ, исходящій изъ кометы, есть свѣтъ отчасти поляризованный, то отсюда только следовало бы, что среди лучей, идущихъ къ намъ отъ кометы, дѣйствительно есть отраженные лучи солнечнаго свѣта, въ чемъ и безъ того никто не сомнѣвается. Напротивъ того, нѣкій рядъ другихъ явленій показываетъ, что по крайней мѣрѣ нѣкоторыя кометы посылаютъ къ намъ кромѣ отраженнаго также и собственный свѣтъ. Это слѣдуетъ между прочимъ изъ значительныхъ колебаній яркости, наблюдавшихся особенно въ послѣднее время у многихъ кометъ, а также и изъ того, что послѣ прохожденія черезъ перигелий при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ кометы обыкновенно кажутся болѣе длинными и болѣе яркими, чѣмъ до прохожденія. Такъ, напр., большія кометы 1843 и 1850 годовъ до прохожденія черезъ перигелий вообще совершенно не были видны: большая сентябрьская комета 1882 года была открыта невооруженнымъ глазомъ за 14 дней до своего прохожденія, между тѣмъ какъ послѣ прохожденія она оставалась видимою въ теченіе пяти мѣсяцевъ, но къ послѣднему времени она, конечно, была уже настолько слаба, что безъ предвѣрнаго знанія ея положенія на небѣ она лишь съ большимъ трудомъ могла бы быть такъ долго наблюдаема невооруженнымъ глазомъ. Результаты этихъ наблюденій подтверждаются также и спектральнымъ анализомъ, приобретающимъ для астрономіи все большее и большее значеніе.

За исключеніемъ весьма немногихъ кометъ, всѣ изслѣдованныя до сихъ поръ кометы характеризовались одинаковымъ спектромъ, состоящимъ изъ трехъ свѣтлыхъ полосъ. Такой типичный спектръ, относящійся къ кометѣ Энке, изображенъ на цвѣтной таблицѣ, приложенной къ § 178 этой части. Этотъ спектръ въ главныхъ чертахъ состоитъ изъ спектральныхъ полосъ, принадлежащихъ раскаленному или доведенному до свѣченія при помощи электричества углеводородному газу, съ тою лишь особенностью, что максимумъ яркости этихъ полосъ лежитъ не на томъ краю, который обращенъ къ красному концу спектра, какъ въ углеводородныхъ полосахъ, а смѣщенъ къ фиолетовому концу. Это происходило, какъ замѣтилъ Фогель и какъ опытнымъ путемъ впервые доказалъ Кайзеръ, оттого, что въ спектрахъ, состоящихъ изъ полосъ, при расширеніи щели спектроскопа максимумъ яркости полосъ смѣщается къ фиолетовому концу, спектры же кометъ вследствие слабости ихъ свѣта обыкновенно изслѣдуются при сравнительно очень широкой щели.

Въ спектрахъ нѣкоторыхъ кометъ, подошедшихъ очень близко къ солнцу, напр., въ спектрѣ большой сентябрьской кометы 1882 года (см. упомянутую выше цвѣтную

таблицу), во время прохождения кометы через перигелий высту­пает еще ряд свет­лых линий. Значение этого факта будет объяснено ниже, когда мы будем говорить об этой комете.

\* Чтобы читатель мог составить себе более ясное представление о спектрах ко­меты, на рис. 182, по порядку снизу, даны следующие спектры: 1) спектр солнца, при­чемъ въ силу техническихъ условий темныя линии этого спектра замѣнены свѣтлыми. 2) спектр окиси углерода; 3) спектр кометы Борелли по наблюдениямъ Линдсея въ 1877 году. 4) спектр кометы Брорсенна по наблюдениямъ Лутгенса въ 1868 году; 5) спектр кометы Теббута по наблюдениямъ, произведеннымъ въ 1881 году. 6) спектр соединения углерода съ водородомъ. Спектр кометы Теббута есть нормальный кометный спектр. Спектры двухъ другихъ кометъ нѣсколько отличаются отъ типичнаго спектра кометы. \*

Изъ всего изложеннаго въ этомъ параграфѣ относительно спектровъ кометъ выте­каетъ, что въ составъ этихъ небесныхъ тѣлъ входятъ свѣтящіяся газы, и что, слѣдова­тельно, кометы кромѣ отраженнаго солнечнаго свѣта посылаютъ къ намъ еще и свой собственный.

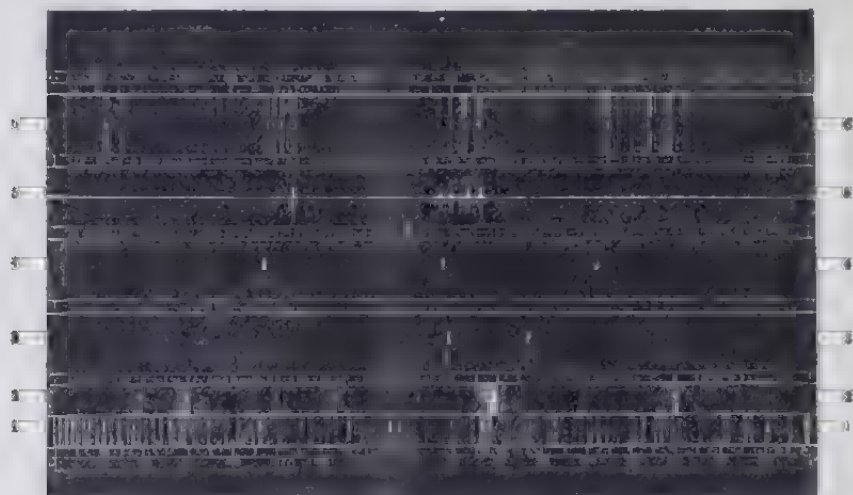


Рис 182.

§ 138. Прозрачность кометъ, ихъ масса и плотность. Вещество, изъ которого состоятъ хвосты и кометы, по большей части бываетъ настолько прозрачно, что его нельзя сравнить даже съ нашими легкими туманами. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ не только изъ-за тумана мы часто не можемъ различить въ нѣсколькихъ шагахъ большихъ предметовъ, напримеръ, домовъ и деревьевъ, между тѣмъ какъ сквозь оболочку, кото­рая окружаетъ кометы и которая по лучу зрѣнія можетъ простираться на тысячи кило­метровъ, мы видимъ почти безъ всякаго ослабленія весьма мелкия звѣзды въ разстоянн нѣсколькихъ секундъ отъ ядра. Такъ, Юнгъ 1 декабря 1871 года наблюдалъ прохожденіе кометы Энке передъ звѣздой 9 й величины, которая при этомъ нѣсколько не потеряла въ своей яркости, хотя въ теченіе 30 секундъ почти въ точности совпадала съ центромъ кометы, такъ что ее легко можно было принять за ядро кометы. Поэтому вещество, изъ которого состоятъ кометы, хотя и отражаетъ отчасти солнечный свѣтъ, все же, повидимому, должно быть весьма прозрачнымъ. Комета 1819 года представляла случай произвести ре­зультаты почти одинаковыя наблюденія, такъ какъ она утромъ 26 нояя этого года про­ходила въ виду солнца и спядю, и потому мы могли бы видѣть ее на свѣтломъ фонѣ солнца, если бы она состояла изъ твердой массы. Но, къ несчастію, предвычисленіе этого

явления было сделано слишком поздно, и наблюдение Пасторфа, который пришел за эту комету пятно, замеченное им на солнце в указанный день, внушает слишком мало доверия, чтобы можно было обращать на него внимание так как генерал Линденберг в Глиць и профессор Штейнхейбель в Виль утверждали, что в то время, когда Пасторф наблюдал солнце, это последнее было совершенно свободно от пятен. Точно также комета 1826 У проходила между солнцем и землей утром 18 ноября, но Гамбарь, наблюдавший в это время солнце, не заметил на нем никакого следа кометы. В 1882 году снова комета проходила перед солнечным диском, о чем мы еще будем говорить ниже; но во время этого прохождения она оставалась невидимой на солнечном диске, впрочем, может-быть, исключительно потому, что в это время она обладала совершенно необыкновенною яркостью. Что же касается знаменитого покрытия луны кометою, о котором будто бы говорит Георг Франц в своей хроникѣ за 1454 годъ, то было доказано, что в данномъ случаѣ просто былъ невѣрно переведенъ гречески текстъ.

Масса кометы, какъ это неопровержимымъ образомъ вытекаетъ изъ нижеслѣдующаго, должна быть весьма незначительна. Въ самомъ дѣлѣ, несмотря на то, что очень много кометъ подходило весьма близко къ землѣ и къ другимъ планетамъ, ни одна изъ нихъ не произвела сколько-нибудь замѣтныхъ возмущеній въ движеніи этихъ небесныхъ тѣлъ, между тѣмъ какъ орбиты кометъ, особенно при приближеніи ихъ къ Юпитеру, очень часто принимали совершенно другой видъ, чему мы дадимъ ниже нѣсколько примѣровъ. При такихъ условіяхъ вѣдѣние огромныхъ размѣровъ кометъ алогично и должно быть необыкновенно мало. Впрочемъ, это справедливо только по отношенію къ средней плотности тѣла кометы; ядро же кометы, хотя оно и очень мало, все же очень часто обладаетъ весьма значительною плотностью, такъ какъ иначе оно не могло бы дать столько вещества для образованія хвоста, не исчезнувъ само. Это въ связи съ вышеупомянутой необыкновенной прозрачностью «головы» и хвоста дѣлаетъ въ высшей степени вѣроятнымъ предположеніе, что кометы, подобно метеорнымъ потокамъ, состоятъ изъ взаимно притягивающихся, но отдѣленныхъ другъ отъ друга болѣе или менѣе значительными промежутками маленькихъ тѣлецъ. Впрочемъ къ этому вопросу мы еще вернемся въ главѣ о падающихъ звѣздахъ.

§ 139. **Вычисленіе кометныхъ орбитъ.** Кометы должи быть безъ исключенія движутся по весьма вытянутымъ эллиптическимъ орбитамъ, и мы видимъ ихъ только тогда, когда онѣ входятъ въблизи перигелия, т.е. когда онѣ приближаются къ солнцу и, следовательно, также и къ землѣ, такъ какъ въ сравненіи съ огромными орбитами кометъ земля никогда не удаляется далеко отъ солнца. Поэтому если къ какой-нибудь кометѣ, очень близко лишь по истеченіи большаго промежутка времени, снова приближается къ солнцу и дѣлается доступной для нашихъ наблюденій, то не только вѣдѣние дѣйствительныхъ перемѣнъ, которыя могутъ происходить въ кометахъ, но также вѣдѣние и того положенія кометы относительно солнца и земли, она почти представляется настолько замѣтною, что по одному внѣшнему виду совершенно невозможно причесть въ ней прежнюю голову. Но такъ какъ для астронома весьма важно стаетъ рѣшить, принадлежатъ ли появившаяся комета къ числу новыхъ или же она уже появлялась и раньше, то они стали искать другіе отличительные признаки, которые не подвергались бы такимъ сильнымъ измѣненіямъ, и за таковыя признаки оказалось возможнымъ принять элементы кометныхъ орбитъ (часть I, § 82) заисъ которыхъ и безъ того необходимо какъ для опредѣленія движенія кометы, такъ и для вычисленія ея положенія на небѣ, на подобіи момента,

Поэтому, какъ только появляется на небѣ какая-нибудь комета, ее тотчасъ же начинаютъ наблюдать съ ближайшимъ инструментомъ, и изъ этихъ наблюденій извлекаются элементы вычисленія элементовъ ея орбиты. Если при этомъ окажется, что эти элементы совпадаютъ съ элементами какой-нибудь кометы, появившейся раньше, то отсюда заключаютъ,

что обе кометы, во всей вероятности, рождественны, и что поэтому дужки гостя уже появлялись раньше одинъ, а можетъ-быть и нѣсколько разъ.

Конечно, здѣсь нельзя дать полною отвѣта на естественнымъ образомъ возникающій вопросъ: какимъ образомъ наши элементы кометной орбиты? Но, несмотря на это, читатели, можетъ-быть, пожелаютъ, чтобы мы имъ указали, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, путь, слѣдуя которому, можно достигъ намѣченной цѣли. Поэтому къ тому, что было сказано объ этомъ предметѣ раньше (§ 66), мы прибавимъ еще слѣдующее.

Пусть  $S$ ,  $T$  и  $p$  (рис. 183) представляютъ солнце, землю и комету въ моментъ наблюдения этой последней. Опустимъ изъ точки  $p$  перпендикуляръ  $pT$  на плоскость эклиптики  $STP$  и соединимъ подошву перпендикуляра  $P$  прямыми линиями съ точками  $S$  и  $T$ . Въ такомъ случаѣ мы получаемъ три треугольника  $STP$ ,  $SPp$  и  $TPp$ , къ полному рѣшенію которыхъ собственно и сводится все вычисленіе, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь.

Но рѣшеніе этихъ треугольниковъ представляетъ извѣстныя трудности, такъ какъ наблюдения даютъ намъ только положеніе луча зрѣнія, идущаго къ сибгиду, т. е. даютъ углы 1)  $STP$ , который равенъ долготѣ солнца безъ геоцентрической долготы кометы, и 2)  $PTp$ , который есть ничто иное, какъ геоцентрическая широта кометы. Но такъ какъ теорія движенія солнца намъ извѣстна, то мы можемъ еще считать данной величиной разстояніе отъ земли до солнца или длину линіи  $ST$ . Такимъ образомъ въ упомянутыхъ выше трехъ треугольникахъ намъ извѣстны углы  $STP$  и  $PTp$  и сторона  $ST$ , откуда мы по правиламъ тригонометрии можемъ еще опредѣлить уголъ  $STp$ . Для рѣшенія нашихъ

треугольниковъ намъ необходимо знать еще одно разстояніе, а именно: или разстояніе  $Sp$  кометы отъ солнца, или ея разстояніе  $Tr$  отъ земли. Однако, эти разстоянія, какъ было сказано выше, не могутъ быть опредѣлены непосредственно изъ наблюдений. Поэтому задача объ опредѣленіи орбиты кометы или планеты вообще была бы неразрѣшима, если бы законы Кеплера не доставляли намъ соотношеній между отдельными положеніями небесныхъ тѣлъ и такимъ образомъ не давали бы возможности написать условныя уравненія, которые должны быть удовлетворены наблюдениями. Такъ, кривая, описываемая

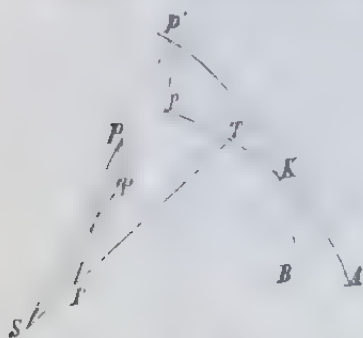


Рис. 183.

небеснымъ тѣломъ, должна представлять одно изъ коническихъ сѣченій \*). Далѣе, все наблюденныя положенія должны лежать въ одной плоскости, проходящей черезъ центръ солнца, и конечно! площадь, описываемая радиусами-векторами въ нѣкоторые промежутки времени, должны быть пропорциональны этимъ промежуткамъ. Аналитическое выраженіе всѣхъ этихъ условій можно написать безъ великаго труда, но они настолько сложны и входящія въ нихъ непостоянныя величины находятся въ такой сложной взаимной зависимости, что простое вычисленіе этихъ величинъ невозможно.

Поэтому прямой путь рѣшенія задачи приходится оставить, и вмѣсто этого слѣдуетъ поспрашивать, нельзя ли достигнуть намѣченной цѣли окольнымъ путемъ, помощью пробъ, причемъ для одной изъ неизвѣстныхъ величинъ, напр. для стороны  $TP$ , принимаемъ произвольное и, слѣдовательно, безъ сомнѣнія, ошибочное значеніе, и при такомъ

\* Къ коническимъ сѣченіемъ называется кривая линіи, получающаяся при пересѣченіи прямой кривой съ круговымъ основаніемъ произвольною плоскостью. Объ этомъ подробнѣе будетъ сказано въ третьей части.



предположеніи продолжают вычисленіе дальше до гдѣхъ поръ, пока не тойдуть до результата, не согласующагося съ наблюденіями. Тогда вычисления прерываютъ и загѣмъ продолжаютъ то же самое при другомъ предположеніи относительно величины  $TP$ . На основаніи двухъ полученныхъ ошибокъ можно безъ труда видѣть, въ какомъ смыслѣ надо имѣннать величину  $TP$ , чтобы постепенно уменьшать ошибку и, въ концѣ концовъ, совершенно уничтожить ее, что вообще и удастся послѣ нѣсколькихъ целесообразныхъ пробъ. Что такой способъ послѣдовательныхъ приближеній требуетъ утомительныхъ и обширныхъ вычисленій, это понятно само собой. Поэтому являются вполне естественными постоянныя стремленія существеннымъ образомъ сократить работу какимъ-нибудь искусственнымъ способомъ, на основаніи гдѣхъ или другихъ остроумныхъ соображеній.

Получивъ такимъ образомъ величину  $TP$ , мы можемъ вполне рѣшить вышеупомянутыя три условія, вследствие чего намъ будетъ извѣстна также сторона  $Ap$ , т. е., радиусъ-векторъ кометы въ моментъ наблюденія. Если такіе вычисления будутъ сдѣланы для трехъ моментовъ наблюденія, то вопросъ объ опредѣленіи элементовъ орбиты сведется къ рѣшенію слѣдующей геометрической задачи: построить эллипсъ по тремъ даннымъ радиусамъ и по угламъ, заключеннымъ между ними.

Подобнымъ же образомъ слѣдуетъ поступать и при опредѣленіи элементовъ планетныхъ орбитъ. И, действительно, подобный способъ постоянно примѣняется къ вычисленію орбитъ астероидовъ. Что же касается большихъ планетъ, то въ этомъ случаѣ получается большое сбереженіе труда, такъ какъ для нихъ очень изъ шести элементовъ, именно ихъ времена обращенія или, что то же, большія полуоси ихъ орбитъ были весьма точно опредѣлены изъ наблюденій древнихъ. И эта-го огромная выгода отпадаетъ въ томъ случаѣ, когда дѣло идетъ объ опредѣленіи орбиты новой планеты.

Въ случаѣ кометъ астрономы старались воспользоваться подобной же выгодою для облегченія соответствующихъ вычисленій. Замѣтивъ, что почти всѣ кометы описываютъ около солнца весьма эксцентрически (весьма вытянутые) эллипсы, ученые сдѣлали допущеніе, что онѣ движутся не по эллиптическимъ кривымъ, какъ въ дѣйствительности, а по параболическимъ.<sup>\*)</sup> Если онѣ кривыя имѣютъ одну и ту же вершину и одинъ и тотъ же фокусъ, то дуга эллипса тѣмъ ближе подходитъ къ дугѣ параболы, чѣмъ больше эксцентриситетъ эллипса, и такое совпаденіе имѣетъ мѣсто въ особенности въблизи вершины или въблизи перигея, гдѣ кометы обыкновенно и наблюдаются, такъ какъ въ этомъ пунктѣ онѣ находятся ближе всего къ солнцу, а слѣдовательно вообще и къ землѣ.

Если же мы допустимъ, что комета движется по параболическимъ орбитамъ, то тогда же отпадаетъ одинъ элементъ именно большая полуось, которая въ этомъ случаѣ дѣлается бесконечно большою, и чрезъ это въ сильной степени облегчаются всѣ вычисления. Въ дѣйствительности такое предположеніе астрономы дѣлаютъ при всякомъ первомъ вычисленіи кометной орбиты, и обыкновенно такимъ образомъ, наблюденія представляются достаточно точно, но, вмѣстѣ съ тѣмъ считая большую полуось орбиты бесконечно большою, вычислители отказываются отъ всякаго предварительнаго знанія времени обращенія кометы. Потомъ же, если комета появится во второй разъ, и если на основаніи сходства элементовъ орбиты оба появленія будутъ при паны дѣйствительно относящимся къ одному и тому же небесному тѣлу, то такимъ путемъ уже легко можно найти время обращенія кометы. Впрочемъ, нерѣдко случается, что современные, весьма точныя наблюденія не удовлетво-

\*) Если мы, оставляя безъ измѣненія одинъ изъ фокусовъ эллипса вблизишю къ этому фокусу вершину будемъ безразлично удалять другую вершину, то вследствие этого большая ось эллипса будетъ постепенно увеличиваться и, въ концѣ концовъ, сдѣлается бесконечно большою. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ наша эллиптическая кривая обращается въ параболическую

ривать движению по параболической кривой, и в этом случае бывает необходимо непосредственно определять эллиптическую орбиту.

Само собой разумеется, что определение элементов будет тем точнее, чем больше дана описанная кометою в тот промежуток времени, когда она наблюдалась с земли, так как и в этом случае, как и вообще во всех изслѣдованіяхъ, основано на основаніи малознаго дѣлать заключеніе о большомъ. Поэтому для насъ является весьма невыгоднымъ то обстоятельство, что мы можемъ видеть кометы вследствие ихъ слабаго свѣта только вблизи солнца и, следовательно, по большей части только на незначительной части ихъ весьма обширныхъ орбитъ, такъ какъ онѣ, удаляясь отъ солнца, а, следовательно, также и отъ земли дѣлаются недоступными даже лучшимъ нашимъ астрономическимъ инструментамъ. Это неблагоприятное обстоятельство оказываетъ особенно вредное вліяніе на времена обращенія кометъ. Поэтому нельзя удивляться, что времена обращенія получаются весьма различнаго продолжительности, смотря по тому, какія наблюденія были положены въ основаніе всего вычисленія элементовъ, и что времена обращенія въ нѣсколько тысячъ лѣтъ вследствие ошибокъ, приемыхъ наблюденьемъ, не могутъ быть определены съ достаточною точностію.

Съ другой стороны, снова узнать комету во время вторичнаго ея прохода чрезъ перигелию бываетъ иногда весьма затруднительно, а иногда даже обширныхъ и утомительныхъ вычисленій даже совершенно невозможно вследствие того, что орбиты этихъ кометъ, такъ подтверждаются весьма значительнымъ измѣненіемъ, если кометы проходятъ вблизи одной изъ большихъ планетъ, напр., вблизи Юпитера. Условія и обстоятельства, при которыхъ въ такомъ случаѣ Юпитеръ можетъ произвести возмущенія въ движеніи кометъ, къ повѣренію время были подробно изучены Гессераномъ, Шульцефомъ, Калландро и Х. А. Ньютономъ. Этотъ послѣдній показалъ, что изъ 1000 милліоновъ кометъ, первоначальное движеніе которыхъ совершается, по предположенію, по параболическимъ орбитамъ, равномерно разбрызгиваемымъ въ пространство, если только разстояніи ихъ перигелиевъ вѣдуть внутри орбиты Юпитера, для сѣдующаго числа кометъ параболическія орбиты подъ вліяніемъ этой планеты должны измѣниться въ эллиптическія съ указаннымъ временемъ обращенія:

Время обращенія	Число кометъ
меньше . . . . $1/2 T$	— — 126
отъ $1/2 T$ до $T$	— — 839
» $T$ до $1 1/2 T$	— — 1701
» $1 1/2 T$ до $2 T$	— — 2670 и т. д.

Въ этой таблицѣ буквой  $T$  обозначено время обращенія Юпитера.

На основаніи изслѣдованія Ньютона, дальѣ, okazaло ся, что эллиптическія орбиты существуютъ почти исключительно для такихъ планетъ, которыя совершаютъ движеніе въ плоскостяхъ, мало наклоненныхъ къ плоскости орбиты Юпитера, и что новья орбиты подъ вліяніемъ Юпитера также сохраняютъ этотъ незначительный наклонъ. Напротивъ того, кометы, орбиты которыхъ наклонены подъ большими углами къ плоскости орбиты Юпитера, обыкновенно подтверждаютъ третью часть: ихъ орбиты преобразовываются въ гиперболическія, и вследствие этого такія кометы по большей части удаляются въ безграничное мировое пространство.

Калландро при своихъ изслѣдованіяхъ относительно кометъ пришелъ, между прочимъ, къ тому же результату, что всѣ кометныя орбиты, для которыхъ большія полуоси

Гессеранъ есть кривая линія, состоящая изъ двухъ вѣтвей, уходящихъ въ безъоачесть, и можетъ проходить движеніе кометы. Больше подробнаго о кометныхъ орбитахъ см. въ третьей главѣ § 15 третьей части книги.

заканчиваются въ пределахъ отъ 2,60 до 6,28 радиусовъ земной орбиты, первоначально были параболическими и только благодаря вхождению кометъ въ сферу дѣйствія Юпитера преобразовались въ эллиптическія. Разсмотрѣнне приложенной въ концѣ книги таблицы периодическихъ кометъ съ короткимъ периодомъ обращенія показываетъ, что для всѣхъ нихъ, за исключеніемъ кометы Энке, большія полуоси заключаются въ указанныхъ выше пределахъ; следовательно, происхождение всѣхъ этихъ орбитъ мы можемъ объяснить возмущеніями Юпитера. Орбиты кометъ съ короткимъ периодомъ обращенія, отъ 3 до 8 лѣтъ, изображены на рис. 184. На этомъ же рисункѣ изображена часть орбиты Галлеевой кометы (см. § 140).

Но тѣмъ, что было изложено выше, еще далеко не исчерпываются всѣ затрудненія, которыя могутъ представиться при отысканіи уже извѣстной, таблѣ показавшейся кометы при ея новомъ появленіи. При этомъ имѣютъ существенное значеніе условія видимости кометы, которыя, въ зависимости отъ различныхъ положеній кометы относительно солнца и земли, во время одного появленія могутъ быть весьма благоприятными, а во время другаго, наоборотъ, настолько неблагоприятными, что комета вообще остается невидимой. Такъ, напримеръ, періодъ обращенія слабой телескопической кометы 1869 III составляетъ приблизительно 5,5 лѣтъ, и вслѣдствіе этого она отличается тою особенностью, что если во время одного ея прохожденія черезъ перигелій видѣть мѣсто весьма благоприятныя условія видимости, какъ это и было въ 1869 году, то послѣ этого въ теченіе цѣлаго ряда оборотовъ правильнымъ образомъ чередуются весьма благоприятныя въ смыслѣ видимости появленія съ весьма неблагоприятными. И, дѣйствительно, во время прохожденія черезъ перигелій въ маѣ 1875 года комета по яркости была болѣе чѣмъ въ 100 разъ слабѣе, чѣмъ во время прохожденія черезъ перигелій въ ноябрѣ 1869 и 1880 годовъ, и этимъ, конечно, объясняется то обстоятельство, что въ 1875 году она не была найдена.

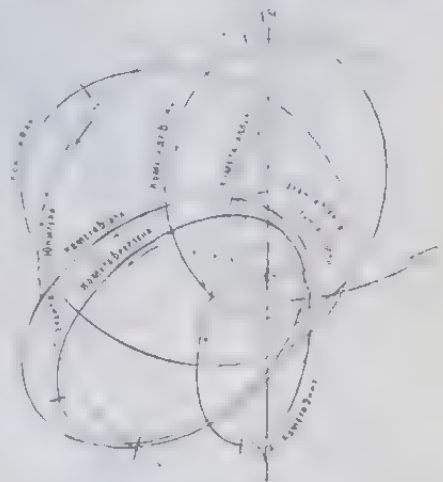


Рис. 184.

Наконецъ, яркость многихъ кометъ, какъ мы увидимъ впоследствии, подтверждаетъ весьма значительнымъ колебаніемъ, и при такихъ колебаніяхъ нѣкоторыя изъ нихъ дѣлаются даже совершенно невидимыми. Поэтому понятно, что весьма многія кометы, которыя характеризуются несомнѣнно короткимъ периодомъ обращенія, со времени перваго своего появленія болѣе иль рази не были наблюдаемы. Несмотря на это, мы знаемъ болѣе двѣнадцати кометъ съ периодомъ обращенія между 3 и 14 годами и три кометы съ периодомъ, превосходящимъ 70 лѣтъ, которыя наблюдались уже во время нѣсколькихъ появленій. Въ таблицахъ, помѣщенныхъ въ концѣ книги, даны свѣдѣнія объ этихъ кометахъ, наиболѣе интересныя изъ которыхъ мы разсмотримъ ниже подробно.

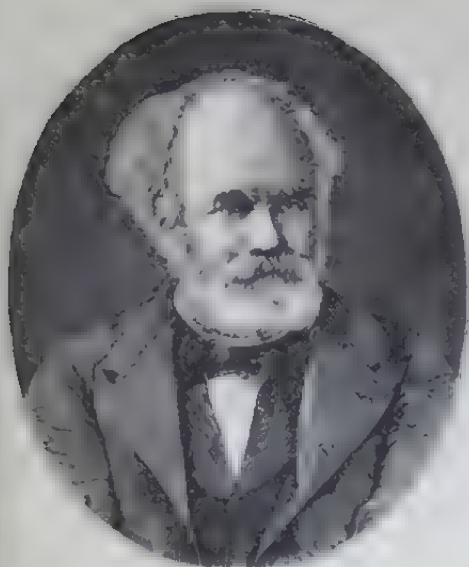
Кромѣ кометъ, тождественность которыхъ съ появившимися раньше могла быть установлена безъ всякаго сомнѣнія, можно указать еще на цѣлый рядъ такихъ, относительно которыхъ можно было только подозрѣвать, что онѣ наблюдались уже и прежде, но все же тождественность ихъ съ прежними кометами по вышеизложеннымъ причинамъ остается болѣе или менѣе спорной. Такъ, нѣкоторые астрономы, и между прочимъ Клауденъ, считали комету 1743 I тождественной съ кометою 1819 IV. Наблюденія 1819 года, во всякомъ случаѣ, указываютъ на явныя слѣды эллиптичности орбиты, и элементы обѣихъ орбитъ включительно до весьма различныхъ между собою наклонностей находятся въ согласіи съ этой догадкой, такъ какъ различіе въ углахъ наклоненія Клауденъ объясняетъ большими

возмущениями, которыя комета претерпѣла въ 1758 году со стороны Юпитера, и благодаря которымъ прежнее время обращенія, равное 6,73 годамъ, сдѣлалось равнымъ только 5,5 годамъ. Впрочемъ съ 1819 года эту комету болѣе никто не видалъ. Точно также Клаузенъ считалъ комету 1766 II тождественной съ кометою 1819 III, которая въ настоящее время, послѣ ея новаго открытїя астрономомъ Виннеке въ 1858 году, обыкновенно называется кометою Виннеке. Этой кометѣ приписываютъ время обращенія, равное 5,03 годамъ. Далѣе, Леверье и Брюновъ при помощи обширныхъ вычисленій показали, что комета 1678 года, по всей вѣроятности, тождественна съ кометою 1844 I (съ кометою Де-Вико), и ея время обращенія считается равнымъ 5,38 годамъ. Точно также Д'Арре для кометы 1845 III, вѣдѣвие сходства ея орбиты съ орбитой кометы 1596 года, вычислилъ эллиптические элементы съ временемъ обращенія въ 250 лѣтъ, хотя парабола вполне удовлетворяла немногочисленнымъ наблюденіямъ 1845 года. То же самое относится и къ кометѣ 1873 VII: большое сходство ея элементовъ съ элементами кометы 1818 I побудило Э. Вейса и послѣ него Шульгофа произвести цѣлый рядъ изслѣдованій относительно тождественности обѣихъ небесныхъ тѣлъ, и эти изслѣдованія гнѣвительно показали, что едва ли можно сомнѣваться въ тождественности обѣихъ кометъ. Наконецъ, мы могли бы указать еще много такихъ примѣровъ, гдѣ подозрѣваемая тождественность двухъ кометъ еще ожидаетъ подтвержденія при помощи соответственныхъ изслѣдованій.

§ 140. **Комета Галлея.** Эта комета отличается многими интересными свойствами, которыхъ мы не встрѣчаемъ въ такомъ большомъ числѣ ни въ какой другой кометѣ. Изъ всѣхъ кометъ съ большимъ периодомъ обращенія только для нея одной наблюдалось такое большое число возвращеній къ солнцу: мы можемъ прослѣдить эту комету съ полною увѣренностью до середины XV-го столѣтїя, а съ нѣкоторою вѣроятностью даже до начала христіанскаго лѣтосчисленія. Далѣе, это одна изъ наибольшихъ и замѣчательнѣйшихъ кометъ, и для нея первой астрономы осмѣлились предсказать и притомъ вполне удачно вторичное появленіе; наконецъ, благодаря этой кометѣ мы впервые ближе познакомились съ этими небесными тѣлами, такъ какъ почти всякое ея появленіе сопровождалось какимъ-нибудь важнымъ открытїемъ или обогащенїемъ нашихъ знаній относительно кометнаго міра.

Время обращенія этой кометы въ среднемъ изъ всѣхъ наблюдавшихся до сихъ поръ ея появленій составляетъ 75—76 лѣтъ. Поэтому большая полуось ея орбиты въ 18 разъ превосходитъ большую полуось земной орбиты и, следовательно, составляетъ приблизительно 5350 милліоновъ километровъ, вѣдѣвие весьма значительнаго эксцентриситета этой орбиты разстояніе ея перигелия отъ солнца равняется только 0,6 радиуса земной орбиты, такъ что въ перигелии эта комета подходитъ къ солнцу приблизительно въ два раза ближе, чѣмъ земля; наибольшее же разстояніе кометы отъ солнца составляетъ 35,4 радиусовъ земной орбиты, и следовательно, равняется приблизительно двойному разстоянію отъ Урана до солнца. При прохожденіи черезъ перигелий эта комета пробѣгаетъ 54,2 километра въ секунду около же афелия ея линейная скорость уменьшается до 0,9 километра въ секунду, такъ что въ первомъ случаѣ она движется приблизительно въ 2 раза быстрее, а во второмъ въ 30 разъ медленнѣе, чѣмъ земля. Орбита этой кометы расположена такъ, что она никогда не можетъ подойти къ землѣ ближе, чѣмъ на нѣсколько милліоновъ километровъ.

Настараемся, исходя изъ извѣстныхъ появленій этой кометы, прослѣдить возможные ея приближенія къ солнцу въ болѣе ранне периоды нашей исторїи, для чего мы должны отъ 1406 года когда эта комета впервые была наблюдаема въ полномъ смыслѣ этого слова, отнять среднее время обращенія кометы, равное 75—76 годамъ, затѣмъ удвоенное время обращенія, потомъ утроенное и т. д. Въ такомъ случаѣ мы наглядимся на многочисленныя событія историческаго тѣхъ временъ о появленіяхъ большихъ кометъ, которыя, конечно, могутъ быть тождественны съ кометою Галлея. Но такъ какъ иногда на протяженіи



П. Жансень.



Э. Галлеи 1656—1724



Профессоръ Л. Вейнекъ.



В. Гульдъ (1824—1896).

небольшого числа лѣтъ появляется нѣсколько значительныхъ кометъ, то такой способъ можетъ оказаться недостаточнымъ для надежнаго установленія тождественности этихъ небесныхъ тѣлъ, и такъ какъ въ тѣ отдаленныя эпохи не могло быть и рѣчи собственно объ астрономическихъ наблюденіяхъ, то приходится ограничиться болѣе точнымъ изслѣдованіемъ различныхъ обстоятельствъ (времени года, области небесной сферы и т. д.), при которыхъ имѣло мѣсто соотвѣствующее появленіе кометы. Такимъ изслѣдованіемъ прежнихъ появленій кометы Галлея занимались сначала Ложье, а послѣ него Хиндъ. Соединяя вмѣстѣ результаты, полученные обоими этими астрономами, мы можемъ слѣдующіе годы, въ которые, по показанію историковъ, появлялись кометы, считать эпохами приближенія кометы Галлея къ солнцу:

12 до Р. Хр., 66 послѣ Р. Хр., 141, 218, 295, 373, 451, 530, 608, 684,  
760, 837, 912, 989, 1066, 1145, 1223, 1301, 1378.

Такимъ образомъ, мы можемъ прослѣдить всё появленіе этой кометы до начала нашего лѣтосчисленія. Появленіе 1066 года по всей вѣроятности увѣковѣчено на знаменитой вышивкѣ Байе, которая какъ извѣстно, представляетъ главныя событія завоеванія Англии Вильгельмомъ Завоевателемъ. Китайскіе историки, Альстедт и Лублянницій, упоминаютъ о появленіи въ 1378 году двухъ большихъ кометъ, и китайскія наблюденія одной изъ нихъ дѣлаютъ несомнѣннымъ ея тождественность съ кометою Галлея. Последний изъ этихъ писателей, Лублянницій является собственно отцомъ кометологии и въ своемъ «*Theatrum cometarum*» собралъ массу разбѣянныхъ въ старыхъ сочиненіяхъ сообщеній о кометахъ.

§ 141. **Первое отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея.** Первое вполне достоверное, отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея было въ 1456 году. Въ этомъ году она представлялась, по выраженію историка того времени, въ видѣ *cometae horrentae magnitudinis*, такъ какъ она подошла весьма близко какъ къ солнцу, такъ и къ землѣ. Хвостъ этой кометы въ періодъ своего наибольшаго развитія достигалъ въ длину  $60^{\circ}$  и на концѣ расширился въ видѣ наклоннаго хвоста. Во время прохожденія кометы черезъ перигелий ея ядро по интенсивности свѣта было вполне подобно неподвижной звздѣ. Такъ какъ вначалѣ эту комету можно было наблюдать по утрамъ до восхода солнца, затѣмъ она на нѣкоторое время совершенно исчезла съ небосклона, а послѣ этого снова была видима на небѣ, но уже по вечерамъ, вскорѣ послѣ захода солнца, то многие полагали, что это были двѣ различныя кометы. Однако, нѣкоторые наблюдатели тотчасъ же составили себѣ правильный взглядъ на дѣло, а именно, что оба эти появленія относятся къ одной и той же кометѣ, которая нѣкоторое время не была видима вследствие своего исчезновенія въ лучахъ солнца и которая затѣмъ, перейдя на другую, восточную сторону отъ солнца, уже могла быть наблюдаема на восточной части неба вскорѣ послѣ захода солнца, по вечерамъ.

На пять лѣтъ раньше, въ 1451 году, Махмедъ II завоевалъ Константинополь и такимъ образомъ поужилъ конецъ греческой имперіи, задумавъ начало ео времени Константина Великаго. Однако, большая комета, появившаяся въ 1454 году, ввергла на побѣдоносныхъ турокъ великій ужасъ, такъ какъ они приняли ее за предвѣстницу всеобщаго крестоваго похода всѣхъ европейскихъ христіанскихъ войскъ противъ нихъ. Два года спустя, когда турки, несмотря на это предзнаменованіе, весьма счастливо вели свои военныя дѣйствія и пролили наводнить своими побѣдоносными войсками нѣмецкое государство, появилась комета 1456 года и распространила еще болѣе ужасъ, но только теперь уже не среди турокъ, а среди христіанъ, которые приняли ее за предвѣстницу своей гибели. Кальвильей, одинъ изъ историковъ того времени, пишетъ: «*Hic (cometa et bello) exterritus Papa Calixtus III ad advertendam Dei iram aliquot dierum iunxit, constituitque in urbibus, ut in meridie campanae pulsarentur, ut omnes de precibus contra Iurcarum tyrannidem tundendis*



перителли въ концѣ октября, всего только на несколько недель раньше, чѣмъ во время появленія въ 1835 году, вследствие чего появленіе въ 1607 года имѣло большое сходство съ появленіемъ 1835 года.

Лучшия наблюденія кометы Галлея во время ея появленія въ 1607 году были сдѣланы Кенлеромъ, Лантомонтаномъ и ашличами Харрлотомъ и Гонорасемъ. По показанію Кенгера, въ концѣ сентября эта комета обладала весьма слабымъ и едва замѣтнымъ хвостомъ, между тѣмъ какъ ея голова имѣла видъ совершенно круглаго диска, по величинѣ равнаго диску Юпитера, но свѣтлится слабѣе, бѣлымъ свѣтомъ. Съ теченіемъ времени голова кометы дѣлалась все меньше и меньше, и за несколько времени до исчезновенія головы исчезъ хвостъ.

§ 113. Четвертое появленіе кометы Галлея. Четвертое достоверное появленіе кометы Галлея относится къ 1682 году; этотъ годъ составляетъ, если можно такъ выразиться, эпоху ея научнаго рожденія, а съ этихъ поръ наступить вообще новая эра въ нашихъ знанійхъ о кометахъ.

Еще въ концѣ XVI столѣтія Гихо-де-Браге и Месталивъ утверждали, что кометы это не метеоры, образующіеся въ нашей атмосферѣ\*), а небесныя тѣла, описывающія круги около солнца, а несколько раньше, именно во время появленія кометы Галлея въ 1607 году, Кенлеръ, наблюдая ея, высказалъ предположеніе, что орбиты кометъ суть прямыя линіи. Пятьдесятъ лѣтъ спустя Девелли считалъ кометы небесными тѣлами, совершающими движеніе около солнца по параболическимъ орбитамъ, и подобныя же взгляды высказалъ пасторъ Дерфель въ Шлауенѣ по случаю кометы 1680 года. Но такія предположенія о формѣ кометныхъ орбитъ остались безрезультатными вследствие совершеннаго отсутствія доказательствъ ихъ справедливости, все же ихъ слѣдуетъ разсматривать какъ первые шаги, какъ возмущеніе къ будущей теоріи, занимающей опредѣленную орбиту этихъ небесныхъ тѣлъ, и эти единичные взгляды безспорно приоткрыли намъ къ оставшейся долгие время скрытой отъ насъ величій, съ которой, наконецъ, было, такъ сказать, снято покрывало благодаря открытію закона всемирнаго тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, Ньютономъ, пытаясь до отношенію къ планетамъ этотъ, открытый имъ въ 1682 году, законъ природы, приложить его также къ научному движенію кометъ и для этой цѣли прежде всего воспользовался большой кометой 1680 года, и опредѣливши имъ орбиты этой кометы и скорость ея движенія по орбитѣ, имѣлъ согласованіе съ наблюденіями, такъ что въ истинности установленнаго имъ закона больше не остается никакого сомнѣнія.

Галлеи, современникъ и другъ Ньютона, тотчасъ же принялъ новое ученіе и старался приложить его къ дѣльному рѣшенію теоріи движенія кометъ. Вымалъ онъ только намѣревался обработать по принципамъ Ньютона изведенія законовъ изъ появившихся раньше кометъ, для которыхъ были произведены собственно астрономическія измѣренія, и такимъ образомъ повѣрить справедливость закона Ньютона. Для этой цѣли онъ высчиталъ орбиты 24 кометъ, а такъ какъ среди нихъ были также кометы 1531 и 1607 годовъ, то онъ благодаря сходству элементовъ этихъ кометъ съ элементами кометы 1682 года тотчасъ же всѣ эти три небесныя тѣла призналъ тождественными между собою. Но пока при обработкѣ наблюденій всѣхъ кометъ онъ предполагалъ, что онѣ движутся по параболическимъ кривымъ, и этого предположенія было совершенно достаточно, чтобы получить удовлетворительное согласіе между вычисленными и наблюдеными положеніями кометъ. Но такъ какъ въ появленіяхъ трехъ только что упомянутыхъ кометъ обнаружился періодъ, равный приблизительно 75 годамъ, то для нихъ онъ предпринялъ второе вычисленіе,

\*) Въ древніи времена метеоры приписывали земное происхожденіе, а не небесное, какъ теперь.



топустить, что движенье проходить по эллиптической орбитѣ, и это прежнее предположеніе о тождественности этихъ трехъ кометъ было подтверждено блестящимъ образомъ. Впрочемъ, сначала онъ едва не былъ введенъ въ заблужденіе, такъ какъ замѣтилъ, что періодъ между первыми и вторыми появленіями кометы не былъ въ точности равенъ періоду между вторыми и третьими ея появленіями. Такъ, онъ нашелъ, что промежутокъ между прохожденіями кометы черезъ перигелий въ 1531 и 1607 годахъ составляетъ только 27352 дня, между тѣмъ какъ между прохожденіями кометы черезъ перигелий въ 1607 и 1682 годахъ прошло нѣсколько 27937 дней, т.-е. на 585 дней больше, чѣмъ раньше. Но онъ съ своимъ острымъ умомъ объяснилъ эту разность тѣмъ, что комета проходила необыкновенно близко около двухъ большихъ планетъ, Юпитера и Сатурна, и такимъ образомъ не только подозрѣвавшаяся раньше тождественность этихъ кометъ оставалась справедливою, но Галлею даже были впервые подмѣчены такъ называемыя возмущенія въ движеньи небесныхъ тѣлъ (см. часть III). Кроме того, въ 1456 году, т.-е. еще на 75 лѣтъ раньше, появилась, какъ это вытекало изъ сообщенія историковъ того времени, также большая комета, но для нея Галлей не могъ отыскать достаточно числа собственно астрономическихъ наблюденій, которыя могли бы быть подвергнуты строгой обработкѣ; однако, судя по различнымъ описаніямъ, и эта комета была тождественной съ кометами 1531, 1607 и 1682 годовъ, такъ что предположеніе о периодичности разсматриваемой здѣсь кометы еще болѣе подтверждалось. Благодаря всемъ этимъ изслѣдованіямъ онъ приобрѣлъ такую увѣренность въ справедливости своего предположенія, что смѣло предсказалъ новое возвращеніе кометы къ солнцу на 1758 годъ, и это было первое предсказаніе такого рода, которое къ тому же счастливо исполнилось.

§ 144. **Пятое появленіе кометы Галлея.** Пятое появленіе кометы Галлея имѣло мѣсто въ 1759 году, причѣмъ черезъ перигелий она прошла 12 марта. Галлей на основаніи простой мысли о томъ влияніи которое могли бы оказать на движенье этой кометы Юпитеръ и Сатурнъ, предсказалъ ея возвращеніе на конецъ 1758 года или на начало 1759 года. Это предсказаніе было весьма важно и само по себѣ, но кромѣ того оно было такъ тѣсно связано съ открытымъ незадолго передъ тѣмъ закономъ всемирнаго тяготѣнія, что должно было обратить на себя вниманіе всѣхъ астрономовъ. Поэтому они искали ее уже съ начала 1757 года, между тѣмъ какъ Клеро, стремившійся опираться на развитіе теоріи планетныхъ возмущеній, заваялся возможно точнымъ опредѣленіемъ тѣхъ измѣненій, которыя могли произойти вълѣдствіе притяженія кометы двумя вышеупомянутыми планетами. 14 ноября 1758 года онъ доложилъ Парижской академіи наукъ, что согласно съ его вычислениями комета должна войти черезъ перигелий около середины апрѣля 1759 года, и при этомъ замѣтилъ, что вълѣдствіе допущенныхъ имъ въ вычисленіяхъ упрощеній это эпоха можетъ быть ошибочна въ ту или другую сторону не болѣе какъ на одинъ мѣсяць. Хотя это предсказаніе сбылось съ достаточною точностью, такъ какъ оно отличалось отъ действительности всего только на одинъ мѣсяць, но онъ предсказалъ бы прохожденіе кометы черезъ перигелий еще точнее, именно на 24 марта, т.-е. только на 12 дней позже, чѣмъ оно въ действительности имѣло мѣсто, если бы онъ только могъ воспользоваться для вычисленій рѣшительной величиной массы Сатурна, которая въ то время еще не была известна, не говоря уже о значительномъ влияніи планеты Урана, о существованіи которой во времена Клеро никто и не подозрѣвалъ.

Это появленіе кометы Галлея ознаменовалось тѣмъ, что она два раза исчезала, дѣлаясь невидимой. Она была открыта въ концѣ 1758 года, следовательно, до своего прохожденія черезъ перигелий, а въ серединѣ февраля слѣдующаго года она настолько приблизилась къ солнцу, что исчезла въ его лучахъ. Въ концѣ марта она опять въ полномъ блескѣ выступила изъ солнечныхъ лучей, а 22 апрѣля исчезла во второй разъ, но крайней мѣрѣ для европейскихъ астрономовъ, такъ какъ она въ это время находилась настолько

низко надъ экваторомъ, что болѣе не могла быть видима въ сѣверномъ полушаріи земли. 28 апрѣля она опять стала подниматься къ экватору изъ болѣе южныхъ областей и снова была видима въ сѣверномъ полушаріи земли, пока, наконецъ, не загерялась въ такихъ частяхъ мирового пространства, гдѣ ее нельзя было различить ни въ одну астрономическую трубу. Во время этого появленія первымъ замѣтилъ комету крестьянинъ Палидинъ около Дрездена, открывши ее 25 декабря 1758 года. Въ Парижъ ее нашелъ въ серединѣ января 1759 года Мессье, впоследствии прославившійся какъ лопецъ кометъ, и послѣ этого она была наблюдаема почти всеми жившими въ то время астрономами. По сообщенію Мессье, комета имѣла значительный хвостъ и довольно большое ядро, отличавшееся бѣлымъ свѣтомъ, подобнымъ свѣту Венеры. Де-ля-Нуксъ, очень усердно наблюдавшій эту комету на островѣ Бурбовъ, приписываетъ хвосту во время наибольшаго его развитія, именно въ началъ мая, длину въ 47°, но къ концу этого мѣсяца хвостъ опять сдѣлался весьма незначительнымъ и даже почти незамѣтнымъ.

§ 145 **Шестое появленіе кометы Галлея.** Не скоро послѣ пятаго появленія кометы была предпринята точная обработка наблюденій, произведенныхъ во время этого появленія, но зато при этомъ были приняты во вниманіе всѣ планетныя возмущенія. Такой работѣ посвящали свои силы Буркардтъ, Дамуазо, Понтекуланъ и другіе. Но съ особеннымъ усердіемъ занялся этимъ изслѣдованіемъ Розенбергеръ въ Галле; онъ сдѣлалъ весьма полное опредѣленіе орбиты кометы не только изъ основаній наблюденій 1682 года, но также на основаніи наблюденій 1759 года, и вывелъ, что прохожденіе кометы черезъ перигелій произойдетъ 12 ноября 1835 года, на сѣмомъ же мѣсѣ, какъ впоследствии оказалось, комета прошла черезъ перигелій только на четыре мѣсяца, т. е. 16 ноября.

На основаніи предыдущей кометы должно была сдѣлаться видимой уже въ августѣ 1835 года, въ октябрѣ она должна была наиболѣе близко подойти къ землѣ, и ея разстоянія въ это время должно было составлять приблизительно одну четвертую часть разстоянія отъ земли до солнца. Въ ноябрѣ она должна была исчезнуть изъ наблюдателей сѣвернаго полушарія земли, но зато въ южномъ полушаріи она могла быть хорошо видима еще въ теченіе продолжительнаго времени, и, наконецъ, въ началѣ 1836 года она должна была сдѣлаться снова видимой въ Европѣ, чтобы вѣкорѣ послѣ того уже нече нуть совершенно.

И действительно, впервые ее замѣтили 5 августа: въ этотъ день ее нашелъ Дюмухель въ Римѣ. Такъ какъ видѣть ее было необыкновенно трудно, и даже при помощи сильныхъ телескоповъ едва можно было различить ее, то вѣкорѣ, когда наступили лунныя ночи, ее на нѣкоторое время потеряли изъ виду. Но какъ только ночи снова сдѣлались темными, ее можно было весьма легко наблюдать всюду вѣдствие значительно увеличившейся за это время ея яркости. Всѣ оставшіяся, предсказанныя ранѣе подробности этого явленія исполнились настолько хорошо, что лучшаго нельзя было и требовать.

Слѣдующее появленіе кометы Галлея произойдетъ въ 1910 году. Понтекуланъ предсказалъ ей прохожденіе черезъ зенитна на 29 мая. Поэтому новое появленіе ея должно быть однимъ изъ блестящихъ, подобно появленію 1456 года, когда она проходила черезъ перигелій 8 іюня.

§ 146 **Двленія, наблюдавшіяся въ кометѣ Галлея во время ея появленія въ 1835 году.** Здѣсь мы разсмотримъ важнѣшія видоизмѣненія, которыя претерпѣла комета Галлея при своемъ приближеніи къ солнцу, причемъ мы воспользуемся наблюденіями Бесселя, сдѣланнаго за ней съ большимъ вниманіемъ и съ свойственною ему тщательностью объясниаго, но крайней мѣрѣ, въ главныхъ чертахъ, всѣ эти видоизмѣненія.

Въ началѣ августа комета имѣла видъ бѣлаго туманнаго пятна, въ серединѣ котораго было замѣтно довольно сильное сгущеніе. Такъ какъ комета въ это время приближалась какъ къ землѣ, такъ и къ солнцу, то ея размѣры и яркость постепенно увеличивались, но при этомъ до 1 октября комета не представляла никакихъ особенностей

Со второго же октября начался новый период, в течение которого комета подвигалась к своему виду в нашей степени интересная и поучительная перемена. Уже один вид кометы в этот день поражаешь наблюдателя, ее центр есть настолько ярким, что, даже при слабом увеличении зрительной трубы, получалось впечатление, будто сквозь комету видна звезда шестой величины; но, употребляя увеличение в 100 и больше раз, можно было заметить, что перемена во внешнем виде кометы произошла исключительно от увеличения яркости центра туманной массы, а не от изменения свойств кометного ядра, так как ядро и до этого, и после этого представляло массу неопределенного очертания. Такой вид ядро сохраняло во продолжение всего периода видимости кометы, и никому оно не представлялось твердым, похожим хоть сколько-нибудь на планетный диск.

2-го октября было замечено не одно только увеличение яркости ядра: в этот день наблюдает, кроме того, истечение из ядра свистающей материи, которая поближе ядру обладает значительной яркостью, а по мере удаления от него делается все слабее и слабее, но все же еще на расстоянии от 12 до 15 довольно хорошо выделяется среди обидей туманной массы, на которую она проектировалась. Это истечение имело вид раскрытого вѣера, причем средняя линия или так сказать ось истечения была направлена почти в точности от ядра к солнцу. Наиболее плотная часть ядра, сохранявшая вид звезды, даже и в телескоп с сильным увеличением, в диаметр едва достигала 2". Следовательно, расстояние, до которого можно было проследить вышеупомянутое истечение, было, до крайней меры, в двадцать раз больше радиуса ядра, тогда как окружающая ядро туманность простиралась еще в 12 или даже в 15 раз дальше за пределы этого истечения. Углы же, которые должны были иметь направление, прямо противоположное направлению этого истечения, 2-го октября вовсе не были замечены, причиною чего впрочем могло быть лунное obscuration.

8-го октября истечение кометной материи из ядра уже слабее, в ширину же уменьшилось. Свойства этого истечения сь вечером, хотя она и могла раскрытаться, чьмь 2-го октября, опять здесь теперь совершенно недостаточны, так как в правой стороне было замечено прекращение. Направление истечения было склонено к радиусу вектору кометы, т.е. к линии, соединяющей центр ядра кометы с центром солнца, больше, чьмь 2-го октября, с кимь образом, стало ясно, что истечение не все время выходило из ядра по направлению радиуса-вектора. После 12-го октября истечение еще более увеличилось в длину, но, вместе сь темь сделалось уже, чьмь 8-го числа, и опять было искривлено в правой стороне, причем комета имела вид торжес ракеты во время сильного вѣтра. В эту ночь особенное внимание обратила на себя перемены конуса материи, исходящей из ядра кометы. Сначала направление этого истечения было отклонено кько от направления радиуса-вектора, на угол, равный 19', а потом этот наклон увеличился сь часу на чась и кь 3 часамь утр. сделался равнымь 55'.

В сьдующий вечер было замечено совершенно противоположное явление истечение истекло в кько от него можно было наблюдать кько от ядра кометы большую массу свистающей материи, причем линия, отделяющая эту массу сь ядромь, составляла сь направлением, идущим от ядра кь солнцу, угол, превосхоивший 55'. Такимь образом, было ясно, что переменение истечения в левую сторону все время продолжалось, но что, вь 3 часа до конца, истекла та сила, которая служила причиною этого истечения.

14-го октября истечение не только снова появилось, но оно представляло еще более поразительную картину, чьмь 12-го числа, и его можно было проследить даже на расстоянии 15 от центра ядра. При этом истечении переменялось сь лева направо тамь, где оно было в расстоянии 12-го числа, а кь 13-го октября были видны ясные следы сь стороны, где сько сько ничего не было, и направление нового истечения почти совпадало сь направлением, идущимь от кометы кь солнцу.

15-го октября продолжалось перемещение этого истечения в правую сторону, причем оно приняло направление, которого можно было ожидать согласно с предыдущими наблюдениями. Но будучи значительно наклонено к линии соединяющей комету с солнцем, истечение уже не обладало прежней интенсивностью и, повидимому, было близко к исчезновению.

Из вышеприведенных наблюдений вновь выделяется характер движения этого истечения. 12-го октября оно находилось с левой стороны от направления, соединяющего комету с солнцем, и в течение этой ночи передвинулось еще значительно влево, 13 октября истечения вовсе не было видно, но зато можно было наблюдать продукт этого истечения, именно отделившуюся массу кометной материи, и опять-таки с левой стороны; 14-го октября истечение переместилось слева направо и почти совпало с направлением, идущим от кометы к солнцу, 15-го числа перемещение истечения слева направо продолжалось, как и раньше, и оно приняло направление, составлявшее значительный угол с радиусом-вектором кометы. Таким образом, это истечение правильным образом перемещалось справа влево и затем обратно, слева направо. Далее, истечение отличалось большой интенсивностью, когда оно почти совпадало с направлением, идущим от кометы к солнцу, и, наоборот, малую, когда оно составляло с этим направлением значительный угол.

Бессель доказал, что эти перемещения в положении истечения могут быть объяснены колебательным движением истечения, происходящим в плоскости кометной орбиты около прямой линии, соединяющей комету с солнцем. И, действительно, перед нашими глазами будет вновь яркое изображение этих перемещений если мы конус материи, истекающей из ядра, представим себе в виде маятника, который движется в плоскости кометной орбиты, в и часть длины составляет угол в  $60^\circ$  с направлением, идущим от кометы к солнцу, затем постепенно приближаясь к этому направлению пересечет через него и через 2 дня 7 часов отклонится в противоположную сторону опять на угол в  $60^\circ$ , после чего начнется движение этого конуса материи в обратном направлении. К сожалению, неблагоприятная погода помешала Бесселю наблюдать несколько непосредственно следивших друг за другом таких колебаний, и вследствие этого он не мог точно определить как продолжительность периода, так и амплитуду колебаний.

Причиной такого колебательного движения должна быть, очевидно, некоторая сила, которая раньше была нам неизвестна и которая действует во направлении к солнцу, так как это направление играет такую важную роль в разсматриваемом движении. Обыкновенная притягательная сила солнца не может быть этой причиной так как, хотя она в данном случае и оказывает действие во массе несферической формы, тем не менее она не настолько значительна, чтобы вызвать колебания короткого периода, равного 2 дням 7 часам. С другой стороны, так как ядро кометы движется во точности по законам Кеплера, то неизбежна сила тяготения которой принадлежит к этим колебаниям, очевидно, вызывает к кометному ядру сила не доступная, а исключительно притягательное действие следовательно, эта сила должна быть, подобно силе земного магнетизма, которая магнитную стрелку, выведенную из ее нормального положения, стремится привести снова к совпадению с магнитным меридианом, но малейшим образом изменяя действие силы тяжести во стрелку. Таким образом, во астрономии впервые пришли к допущению существования такой полярной силы.

Истечение из кометы Галлея представляло еще и другие интересные особенности. Оно постепенно искривлялось с обеих сторон от линии, соединяющей ядро с солнцем, и причем так, что выпуклая сторона искривления была обращена к этой линии, следовательно, частицы кометного вещества, которая сначала направлялась к солнцу, затем начали двигаться в сторону, противоположную солнцу. Бессель при этом не видел во

22-го октября, когда истечение исходило из значительной части ядра и не имело формы раскрытого вѣера, какъ раньше, но было похоже на разивѣвавшіеся съ обѣихъ сторонъ султаны. Рисунки кометы 1744 года, оставленные намъ Гейнзіусомъ, представляютъ такое же явленіе, какое Бессель наблюдалъ въ кометѣ Галлея. Въ обѣихъ кометахъ было замѣчено истечение, но только въ кометѣ 1744 года можно было гораздо отчетливѣе прослѣдить всѣ подробности. За часть поверхности ядра, изъ которой исходило истечение, увеличивалась все болѣе и болѣе, и мало-по-малу истечение распространилось на всю обращенную къ солнцу половину ядра; искривленіе истечения въ сторону, противоположную солнцу, съ теченіемъ времени увеличивалось; въ концѣ концовъ, эти загибы съ двухъ сторонъ ядра слились съ существовавшимъ уже хвостомъ, вмѣстѣ съ которымъ они распространились дальнѣе въ сторону, противоположную солнцу, такъ что истечение кометнаго вещества по направленію къ солнцу и можетъ быть разсматриваемо какъ начало образованія хвоста.

Здѣсь мы подробно остановились на наблюденіяхъ и изслѣдованіяхъ Бесселя, такъ какъ онъ впервые обратилъ серьезное вниманіе на явленіе, которое впоследствии наблюдалось также въ кометахъ 1844 III, 1853 III, 1858 VI, 1861 II, 1862 III, 1874 III и т. д. и которое до него было замѣчено Гукъ въ кометѣ 1680 года, а затѣмъ Гукъ и Гевелдемъ въ Галлеевой кометѣ во время ея появленія въ 1682 году. Впрочемъ необходимо замѣнить, что относительно этого явленія еще Гукъ выказывалъ взгляды, противные взглядамъ Бесселя.

\* Закончивъ съ вопросомъ о тѣхъ явленіяхъ, которыя наблюдались въ кометѣ Галлея въ 1835 году, укажемъ, что на прилагаемой при семъ таблицѣ изображены постепенныя видоизмѣненія парубжата вида кометы во время этого появленія, начиная съ 24 октября. \*

§ 147 **Комета 1862 III.** Изъ вышеупомянутыхъ кометъ колебательныя движенія истечения особенно бросались въ глаза у кометы 1862 III, которая была открыта во второй половинѣ года шестью различными лицами независимо другъ отъ друга, именно тремя лицами въ Сѣверной Америкѣ: Свифтомъ въ Маразонъ, Симонсомъ въ Альбани, Тутледемъ въ Камбриджъ, и тремя въ Европѣ: Пачинотти во Флоренціи, Роза въ Римѣ и Шьеллерупомъ въ Копенгагенѣ. Въ августѣ мѣсяцъ эта комета, хотя и не отличалась особенною яркостью, однако, уже была видима невооруженнымъ глазомъ и обладала хвостомъ отъ 100° до 200° въ длину. По наблюденіямъ Шмидта, непрерывно слѣдившаго за этою кометою подъ чистымъ небомъ Авинь, получилось замѣчательное согласіе періода маятниковобразныхъ колебаній истечения съ періодами измѣненій яркости ядра кометы, а также съ періодами, по истеченію которыхъ колеблющейся въ ту и другую сторону конусъ кометной матеріи принималъ прежнюю форму, напримѣръ, форму хвоста, вѣера или оболочки, причемъ продолжительность этого періода составляла 2,8 дня.

Кромѣ того, эта замѣчательная комета обратила на себя вниманіе вслѣдствіе необыкновенныхъ перемѣнъ въ формѣ ея головы, а также вслѣдствіе различныхъ явленій, связанныхъ съ образованіемъ хвоста. Такъ, отъ 31 іюля до 7 августа можно было наблюдать у этой кометы побочный хвостъ, который составлялъ съ главнымъ хвостомъ уголъ, заключавшійся въ предѣлахъ отъ 61° до 75° и приблизительно на такой же уголъ отклонялся отъ продолженія линіи, соединяющей солнце съ кометою. Немного спустя послѣ этого хвостъ рѣзко всталъ на отдѣльныя вѣтви и значительно измѣнился въ яркости. 17-го и 18-го августа можно было видѣть только одинъ искривленный хвостъ длиной отъ 100° до 120°, который 19 августа уступилъ мѣсто другому прямому хвосту, 20-го же числа можно было видѣть обѣ эти вѣтви вмѣстѣ, а 21-го къ нимъ присоединился еще третій короткій хвостъ, напоминавшій своимъ видомъ бороду. 22-го августа можно было видѣть только первый хвостъ, на слѣдующій же день онъ опять исчезъ и на этотъ разъ уже навсегда, между тѣмъ какъ двѣ другія вѣтви снова появились, и съ этого момента онѣ служили основа-



Комета Галлея.

1. Вид — 24 Октября 1835 года.  
 2, 3, 4, 5 и 6. Вид — 1835 года.  
 10. Вид — 1835 года.

нием для дальнейшаго развитія хвоста. Замѣчательно еще то, что первый хвостъ былъ искривленъ впередъ, т. е. въ ту сторону, куда комета двигалась, въ противоположность общему правилу, по которому кометные хвосты, на подобіе султана, отклоняются въ ту сторону, откуда кометы движутся. 19-го и 20-го августа хвостъ имѣлъ фигуру вытянутой буквы S, причѣмъ онъ сначала былъ обращенъ къ Полярной звѣздѣ выпуклой стороной, а потомъ вогнутой, и это обстоятельство Скіапарелли весьма удовлетворительно объяснилъ совмѣстнымъ влияніемъ толчка, исходящаго изъ ядра по направленію, наклонному къ радиусу-вектору, и отталкивательной силы солнца, дѣйствующей на частички хвоста. Впрочемъ хвостъ подобнаго же вида наблюдали и раньше, а именно Де-ля-Нуксъ на островѣ Бурбоиъ и Пингре между Гечериффой и Кадиксомъ у большой кометы 1769 года, а затѣмъ Уэббъ у кометы 1861 II. На основаніи нѣкоторыхъ подробностей въ формѣ хвоста кометы 1862 III Скіапарелли пришелъ къ убѣжденію, что отталкивательная сила существуетъ также между отдельными частичками хвоста, между тѣмъ какъ Бредихинъ, объ изслѣдованіяхъ котораго относительно образованія кометныхъ хвостовъ впоследствии (§ 163) мы будемъ говорить болѣе подробно, держится того взгляда, что ядро кометы находится во вращательномъ движеніи, и что при этомъ къ солнцу бываетъ обращена постоянно одна и та же половина ядра, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ луны и земли.

Комета 1862 III представляетъ особенный интересъ еще и потому, что съ нею связано весьма важное открытіе Скіапарелли относительно зависимости между падающими звѣздами и кометами (Глава XIV). Эта комета принадлежитъ къ числу періодическихъ съ временемъ обращенія, равнымъ круглымъ числомъ 120 годамъ.

§ 148. **Комета Энке.** Другая замѣчательная комета была открыта 7 января 1786 года Мешенемъ, но послѣ этого было получено еще одно только наблюденіе этой кометы, именно 19-го числа того же мѣсяца, и, слѣдовательно, на комету пока слѣдовало смотрѣть какъ на потерянную, такъ какъ двухъ наблюденій недостаточно для опредѣленія орбиты. Только болѣе 30 лѣтъ спустя, когда была обнаружена періодичность кометы Энке, Ольберсъ со своимъ товарищемъ показалъ, что вышеупомянутыя наблюденія относятся къ этой кометѣ. Во второй разъ эту комету открыла миссъ Каролина Гершель 7 ноября 1795 года, а въ третій разъ Тулизъ 18 октября 1805 года, но при этомъ осталась незамѣченнымъ ею, по понятіямъ того времени, до невѣроятности короткій для кометы періодъ обращенія, равный 3,3 годамъ. Эта величина для періода обращенія впервые была получена астрономомъ Энке, когда комета была открыта въ четвертый разъ 26 ноября 1818 года 11-лѣтнимъ тогдашнимъ кометомъ Понсомъ въ Марсель; Энке же предсказалъ ей новое появленіе на 1822 годъ. Это предсказаніе блестящимъ образомъ исполнилось, и съ тѣхъ поръ комета наблюдалась во время каждаго изъ 26 появленій, имѣвшихъ мѣсто въ промежутокъ времени отъ 1818 до 1901 года. Время обращенія кометы Энке и въ настоящее время является самымъ короткимъ изъ временъ обращенія всѣхъ извѣстныхъ періодическихъ кометъ.

По внѣшнему виду комета принадлежитъ къ числу телескопическихъ; при ея шарообразной формѣ только весьма эксцентрическое положеніе ядра (рис. 185) указываетъ на образованіе хвоста. Впрочемъ, во время ея появленія въ 1871 году, когда имѣли мѣсто

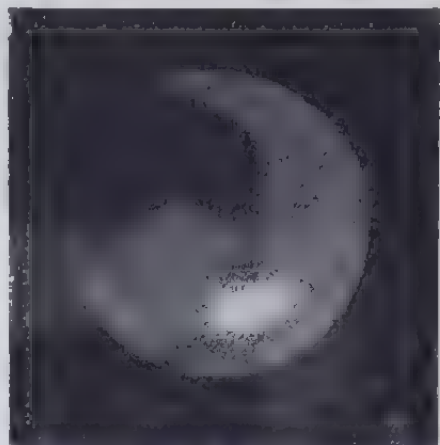


Рис. 185.

наибольше благоприятныя условия видимости кометы, А Холь замѣнилъ въеобразное истеченіе изъ ея ядра.

Энке на основаніи своихъ весьма тщательныхъ вычисленій, которыми онъ занимается всю жизнь, пришелъ къ заключенію, что большая полуось ея орбиты, а следовательно по третьему закону Кеплера (часть I, § 77), также и время ея обращенія постепенно уменьшалось: это обстоятельство въ высшей степени замѣчательно, такъ какъ эти элементы для всѣхъ планетъ остаются постоянными и не подвергаются никакимъ замѣтнымъ вѣдѣніемъ вѣдѣніемъ возмущеній (часть III, глава VII). Энке искалъ причину такого явленія въ сопротивленіи, которое распространяющій по всему мировому пространству эфиръ, несмотря на свою чрезвычайную разреженность, оказываетъ движущему тѣлу, обладающему такою неслыхательною плотностью, что же касается планетъ, плотность которыхъ гораздо больше, то на нихъ вѣдѣніе эфиръ не оказываетъ никакого замѣтнаго вліянія.

На перахъ изъ сдѣлано бы показаніе удивительнымъ, что сопротивленіе среды, въ которой движется тѣло, увеличиваетъ скорость движенія, т. е. ускоряетъ самое движеніе. Но по сдѣлано замѣчать, что на небесное тѣло, обращающееся около солнца, всегда дѣйствуютъ двѣ силы: притягательная сила солнца и сила, направленные которой въ каждый моментъ совпадаютъ съ направлениемъ движенія, и которая обуславливается первоначальнымъ толчкомъ возмущающаго кометы въ патъ ея движенія. Подъ дѣйствіемъ этой послѣдней силы комета въ каждый моментъ стремится двигаться по прямой линіи, касаясь ея орбиты къ той точкѣ, гдѣ комета вышла, но подъ вліяніемъ первой силы она постоянно ея приближается къ солнцу. Совмѣстное дѣйствіе обѣихъ силъ заставляетъ ее тѣмъ образомъ двигаться по кривой линіи, которую она въ дѣйствительности и описываетъ около солнца. Вѣдѣніе сопротивленія среды уменьшается только сила, дѣйствующая по направлению касательной, и такъ какъ въ данномъ случаѣ все зависитъ исключительно отъ отношенія обѣихъ силъ, то очевидно этому уменьшенію получается такой же результатъ, какой получился бы, если бы притягательная сила солнца увеличилась, такъ что солнце, следовательно, притягиваетъ комету все ближе и ближе къ себѣ, и вѣдѣніе этого увеличивается скорость движенія кометы, и уменьшается время ея обращенія.

Впрочемъ гипотеза Энке оспаривается многими астрономами и особенно рѣшительнымъ образомъ Бесселемъ, который, согласно съ своей вышесказанной (§ 146) теоріей, объясняя измѣненія въ адиабатическомъ движеніи кометы дѣйствіемъ истеченій на ядро, причемъ эти измѣненія должны были происходить, по его мнѣнію, неодинаковымъ образомъ при различныхъ прохожденіяхъ кометы черезъ перигелий. Это послѣднее обстоятельство подтвердилъ Астеръ, который не только пересмотрѣлъ вычисления Энке, относящиеся къ этой кометѣ, но и продолжилъ ихъ до 1878 года. Еще определеннѣе это вытекаетъ изъ обширной, непрерывающей весь измѣнившейся на ливно наблюдательной матеріалъ работы Бахстунда, который нашелъ, что въ движеніи кометы Энке иногда имѣли мѣсто незамѣченныя равныя возмущенія, другими словами, что въ случаѣ этой кометы мы имѣли дѣло скорѣе съ неправильными измѣненіями времени обращенія, чѣмъ съ систематическимъ уменьшеніемъ этого времени, потому къ дѣйствительности никакимъ образомъ нельзя считать доктринамъ, что неправильности въ движеніи этого небеснаго тѣла обуславливаются вліяніемъ сопротивленія среды. Впрочемъ, на основаніи распространеннаго въ настоящее время, впервые установленнаго Цельнеромъ взгляда относительно сферичности кометъ (§ 163), а именно что эти небесныя тѣла состоятъ изъ жидкихъ метеорныхъ массъ, которые при приближеніи къ солнцу начинаютъ кипѣть, развить паромъ, къ сѣверѣе оказавъ на это Астеръ, проходить различнымъ образомъ, смотря по теплотному состоянію солнца, вѣдѣніе чего и могутъ появиться неправильности въ движеніи кометы.

И наконецъ, слѣдуетъ еще замѣтить, что орбита кометы Энке въ одномъ мѣстѣ расго-



ложена весьма близко къ орбитѣ Меркурія, и что уже наблюдается нѣсколько весьма значительныхъ приближеній кометы къ этой планетѣ, и это дало въ руки астрономовъ лучший способъ для опредѣленія массы Меркурія.

§ 149. **Комета Бізлы.** Не менѣе интересной является комета, которую открылъ австрійскій офицеръ Бізла 28 февраля 1826 года въ Йозефстадтѣ въ Богеміи. Для времени обращенія этой кометы около солнца онъ получилъ 6 лѣтъ 270 дней. Еще раньше Моршгадтъ обращалъ вниманіе на возможную (впоследствии доказанную) тождественность кометъ 1806 и 1772 годовъ и предсказывалъ возвращеніе этой кометы на 1826 годъ. Поэтому Бізла особенно усердно сталъ слѣдить за открытой имъ кометой, которая нѣсколько дней спустя была случайно найдена также Гамбэргомъ.

Появленіе этой кометы въ концѣ 1845 и въ началѣ 1846 года представило особенный интересъ. На основаніи элементовъ и эфемеридъ этой кометы, вычисленныхъ астрономомъ Сантини въ Падувѣ, слѣдовало заключать, что въ концѣ 1845 г. она поблизѣе югостаточно близка къ землѣ и уже будетъ доступна для наблюденій, и что кромѣ того вслѣдствіе благоприятнаго положенія ея на небесной сферѣ, она будетъ видима въ течение довольно продолжительнаго времени. Дѣйствительно, 26 ноября 1845 г. въ Римѣ, а 28 ноября въ Берлинѣ она была найдена весьма близко отъ упомянутаго астрономомъ Сантини мѣста.

Вначалѣ комета не представила ничего замѣчательнаго. Она, какъ и раньше (въ 1772, 1806, 1826 и 1832 годахъ), имѣла видъ довольно размытаго туманнаго пятна съ небольшимъ болѣе яркимъ сгущеніемъ въ серединѣ и съ незначительнымъ хвостомъ. Однако, уже 29 декабря 1845 года Генрикъ и Брадаей на обсерваторіи Іальскаго колледжа въ Ньюевенѣ замѣтили еще другое слабое туманное ядро въ разстояніи приблизительно одной минуты отъ главнаго ядра (рис. 186). Немногочисленные слѣдующіи наблю-

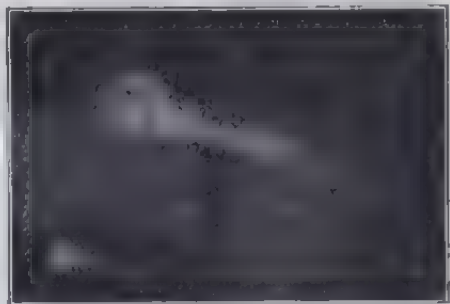


Рис. 186.

денія, которыя до середины января постоянно прерывались то облаками, то луннымъ освѣщеніемъ, показали, что яркость второй вновь появившейся кометы увеличивалась быстрѣе, чѣмъ яркость главной кометы, и что разстояніе между обѣими кометами медленно росло. Съ середины января это явленіе сдѣлалось доступнымъ для всѣхъ, такъ что 13 января его наблюдали Морс въ Вашингтонѣ, 15-го Чателъсъ въ Кембриджѣ и Виуманъ въ Кенигсбергѣ. Вслѣдствіе продолжавшагося приближенія кометы къ землѣ это явленіе скоро сдѣлалось настолько очевиднымъ, что его можно было наблюдать даже въ слабѣйшія зрительныя трубы. Болѣе яркая комета находилась вѣсколько къ югу отъ болѣе слабой кометы и по яркому послѣдствію за ней слѣдовала. У обѣихъ кометъ можно было вполне ясно различить хвосты, общее направленіе которыхъ было перпендикулярно къ линіи, соединявшей головы кометъ. Неблагоприятная погода и полнолуны въ концѣ января и въ началѣ февраля помѣшали наблюдателямъ на большей части обсерваторій. Но тѣмъ болѣе всѣ были удивлены, когда въ серединѣ февраля яркость болѣе слабой кометы увеличилась гораздо болѣе, чѣмъ яркость главной кометы, и когда, наконецъ, первая по блеску даже превзошла послѣднюю. 12-го февраля, по слухамъ Плаггемюра и Брундера, яркость обѣихъ кометъ была одинакова и въ этотъ то вечеръ, вѣроятно и произошли главныя перемѣны во второмъ ядрѣ, которое раньше было болѣе слабымъ. 14-го февраля та комета, которая находилась къ югу и позади другой, была безъ всякаго сомнѣнія слабѣе этой послѣдней. Однако, это продолжалось недолго, и уже 18 февраля снова яркая комета сдѣлалась болѣе яркой, причемъ въ это время въ ея ядрѣ замѣчалось то-

радо было значительное скопление вещества, чѣмъ прежде. Вообще, въ размѣрахъ обѣихъ кометъ все время замѣчались весьма значительныя измѣненія.

При появленіи кометы въ 1852 году наблюдались тѣ-же самыя замѣчательныя явленія. Къ сожалѣнію, положеніе кометы на небѣ было менѣе благоприятно для наблюдений, такъ какъ ее можно было видѣть лишь въ теченіе небольшого промежутка времени до вступленія утреннихъ сумерекъ. 25-го августа Сески нашель только одно ядро, второе же было найдено лишь 15-го сентября и притомъ, сверхъ всякаго ожиданія, въ весьма большомъ разстояніи отъ перваго. Во время этого появленія яркость обѣихъ кометъ также подвергалась постояннымъ перемѣнамъ. Обозначимъ ту комету, которая была открыта раньше, знакомъ I, а другую, которая находилась къ сѣверу отъ первой и нѣсколько впередъ ея, знакомъ II. Въ такомъ случаѣ

15 сентября I	была гораздо слабѣе, чѣмъ II.
17    »    I	» по яркости равна II.
19    »    I	» ярче, чѣмъ II.
20    »    I	» почти равна II.
23    »    I	» значительно слабѣе, чѣмъ II.
25    »    I	» гораздо слабѣе, чѣмъ II.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ даны, на основаніи вычисленій Д'Арре, разстоянія между обѣими кометами, выраженные въ радиусахъ земнаго экватора и соотвѣтствующія Берлинекому полудню:

1852 г. Авг. 27 . . . . .	378,7		1852 г. Сент. 16 . . . . .	407,7
» 31 . . . . .	386,4		» 20 . . . . .	409,7
Сент. 4 . . . . .	393,4		» 24 . . . . .	410,0
» 8 . . . . .	399,3		» 28 . . . . .	408,5
» 12 . . . . .	404,1			

Такимъ образомъ, въ 1852 году разстояніе между обѣими кометами было наибольшимъ около времени прохода ихъ черезъ перигелии 23 сеп. ядрю. То же самое имѣло мѣсто также и въ 1846 году, какъ это уже раньше замѣтили Губбардъ и Д'Арре. Въ нижеслѣдующей таблицѣ даны для берлинскаго полудня разстоянія между обѣими кометами въ 1846 году, причемъ эти разстоянія опять выражены въ радиусахъ земнаго экватора:

1846 г. Янв. 14 . . . . .	41,64		1846 г. Февр. 23 . . . . .	48,34
» 19 . . . . .	45,87		» 28 . . . . .	48,08
» 24 . . . . .	47,00		Март. 3 . . . . .	47,78
» 29 . . . . .	47,81		» 10 . . . . .	46,31
Февр. 3 . . . . .	48,29		» 15 . . . . .	48,41
» 8 . . . . .	48,63		» 20 . . . . .	44,46
» 13 . . . . .	48,63		» 25 . . . . .	43,48
» 18 . . . . .	48,63			

Черезъ перигелии въ этомъ году комета прошла 11 февраля Д'Арре съ полнымъ правомъ высказалъ убѣжденіе, что историческое совпаденіе момента, когда разстояніе между обѣими кометами было наибольшимъ, съ моментомъ прохода ихъ черезъ перигелии свидѣльствуетъ о случайности. Неудивляя въ сторонѣ таковыя соображенія относительно взаимнаго влеченія между обѣими кометами, которая въ перигелии была наибольшая, мы должны обратить вниманіе на то, что въ кометахъ, обладающихъ хвостами, отдѣляющаго отдѣляемое ядро отъ части хвоста (§§ 146 и 147), достигается наибольшей величины также въ перигелии.

Развѣдате невольно дѣла на нѣсколько частей безъ всякой видимой причины пока-

мая во вниманіе значительныя измѣненія яркости обѣихъ кометъ, они высказали предположеніе, что и во время прежнихъ появленій комета была двойной, но только вследствие чрезвычайной слабости одного ядра она представлялась простой. Появленіе же въ 1846 и 1852 г. совпадали, по этой гипотезѣ, съ временемъ наибольшей яркости второго ядра, вследствие чего также и оно было видимо. Впрочемъ необходимо упомянуть, что до раздѣленія кометы на двѣ части Хиндъ замѣтилъ выступъ въ главномъ ядрѣ съ той стороны, гдѣ потомъ появилась вторая комета. Точно также Морри полагаетъ, что вначалѣ ему удалось замѣтить соединеніе оболочекъ обѣихъ кометъ. Еще болѣе противорѣчить вышеприведенной гипотезѣ, весьма значительное увеличеніе разстоянія между обѣими кометами, которое произошло, какъ показываютъ данныя выше числа, между прохожденіями кометы черезъ перигелий въ 1846 и 1852 годахъ. Губбартъ, которому мы обязаны наиболѣе подробными изслѣдованіями относительно этой кометы, сдѣлалъ попытку опредѣлить на основаніи этихъ чиселъ тотъ моментъ, когда произошло раздѣленіе кометы, и нашелъ, что по всей вѣроятности оно имѣло мѣсто въ ноябрѣ 1844 года, причемъ гелиоцентрическая долгота кометы равнялась  $318.6^\circ$ , гелиоцентрическая широта  $12.0'$ , а радиусъ-векторъ 4.36 радиусамъ земной орбиты. На такое разстояніе удаляются отъ солнца нѣкоторые астероиды, какъ-то Гильда, Пемча, Генриетта, Луле и т. д., такъ что причиной катастрофы могла служить одна изъ малыхъ планетъ, но, во всякомъ случаѣ, до сихъ поръ намъ еще неизвѣстная.

Впрочемъ въ настоящее время этотъ случай раздѣленія кометы на части уже не является единственнымъ: съ тѣмъ поръ отдѣленіе туманной массы отъ главнаго ядра той или другой кометы наблюдалось уже неоднократно, и между прочимъ 26 февраля 1860 г. Лисъ въ Олиндѣ (въ Бразиліи) открылъ новую комету. Точно также Сенека говоритъ о томъ, что Эфоръ упоминаетъ о кометѣ 371 года до Р. Хр., которая раздѣлилась на двѣ части. Можетъ-быть, этому замѣчательному явленію предшествуетъ образованіе у кометы нѣсколькихъ ядеръ, что было замѣчено еще Цизатомъ и Венделиномъ въ кометѣ 1618 года, Гевелиемъ—въ кометѣ 1652 года, и что въ повѣйшее время наблюдалось довольно часто и между прочимъ въ кометѣ 1853 III.

Во время слѣдующаго появленія кометы Бѣлы, которое должно было произойти въ 1859 году, условия видимости кометы были настолько неблагоприятны, что уже заранѣе астрономы не имѣли никакой надежды видѣть ее, однако, и послѣ этого комета болѣе не была найдена ни въ 1865 году, когда условия ея видимости были весьма благоприятны, ни во время послѣдующихъ ея приближеній къ солнцу въ 1872, 1879, 1885 и 1892 годахъ. При этомъ въ тѣхъ нѣсколькихъ разложеніяхъ кометы на части не оставалось болѣе никакого сомнѣнія, такъ какъ въ 1872 и 1885 годахъ 27 ноября, т.-е. во время прохожденія земли черезъ точку пересѣченія орбиты кометы съ земной орбитой, наблюдались великолѣпные дожди падающихъ звѣздъ, связь которыхъ съ этой кометой была очевидна. Въ слѣдующей главѣ мы подробнѣе займемъ этимъ вопросомъ.

§ 150. **Замѣчанія относительно столкновенія кометъ съ землею** Орбиты планетъ, если оставить въ сторонѣ астероиды, можно разсматривать какъ концентрическія окружности, отдѣленные одна отъ другой значительными промежутками, такъ что столкновеніе или даже просто сильное сближеніе двухъ планетъ невозможно до тѣхъ поръ, пока та или другая изъ этихъ орбитъ не подвергнется полному измѣненію. Иначе обстоятъ дѣло относительно кометъ, орбиты которыхъ, какъ мы знаемъ, безъ всякой правильности разсыпаны по всему пространству и представляютъ собою параболическія или весьма вытянутыя эллиптическія кривыя. Поэтому вполне возможны весьма сильныя сближенія кометъ другъ съ другомъ, а также кометъ съ планетами нашей солнечной системы. Если дѣло идетъ о сближеніи кометъ съ планетами, то таковое можетъ имѣть мѣсто только въ томъ случаѣ, когда комета находится въ одномъ изъ своихъ узловъ, т.-е. проходитъ черезъ

плоскости эклиптики, так как планеты совершают свои движения въ плоскостяхъ, которыя параллельны въ плоскости эклиптики подъ малыми углами.

Для кометы Энке долготы восходящаго узла составляетъ  $334^{\circ}$  и, следовательно, долготы нисходящаго узла равняется  $154^{\circ}$ , а такъ какъ линия аперидей почти совпадаетъ съ линіей узловъ, именно долготы перигея равняется  $158^{\circ}$ , то радиусъ векторъ кометы, когда она находится въ восходящемъ узлѣ, приблизительно равенъ расстоянію аперидей отъ солнца, а когда она находится въ нисходящемъ узлѣ, расстоянію перигея. Перигея равняется  $4.02$ , а аперидей  $0.34$  радиусамъ земной орбиты, значить, въ первомъ случаѣ комета находится внутри пояса астероидовъ, а во второмъ находится весьма близко къ орбитѣ Меркурія. Поэтому комета Энке въ обоихъ узлахъ своей орбиты можетъ приближаться къ планетамъ, въ восходящемъ узлѣ къ различнымъ астероидамъ въ нисходящемъ къ Меркурию. Принадлежитъ комета къ Меркурию представляя, какъ мы уже упоминали (§ 148) весьма яростіи и случаи опрѣдѣленія массы этой планеты.

Орбита кометы Энке пересекается также съ орбитою кометы Біалы, а эти послѣдняя, въ свою очередь, въ нисходящемъ узлѣ своей орбиты встрѣчается непосредственно земную орбиту.

Для лучшаго понятія всего этого обратимся къ рисунку 187, на которомъ *abc* есть земная орбита, *def* орбита кометы Энке и *acg* орбита кометы Біалы въ ихъ настоящемъ взаимномъ расположеніи. Общій фокусъ всѣхъ трехъ орбитъ совпадаетъ съ центромъ солнца *S*. Плоскости орбитъ обоихъ кометъ

въ 1846 году были наклонены къ плоскости эклиптики соответственно подъ углами въ  $12^{\circ}35'$  и  $13^{\circ}15'$ . Плоскость эклиптики или, что то-же, плоскость земной орбиты мы предполагаемъ совпадающей съ плоскостью рисунка, и на рисунокѣ изображены только тѣ части плоскостей кометныхъ орбитъ, которыя находятся надъ плоскостью эклиптики. Восходящій узелъ орбиты кометы Энке лежитъ въ точкѣ *f*, нисходящій—въ точкѣ *d*. Для кометы Біалы восходящій узелъ лежитъ въ *h*, нисходящій—въ *a*.

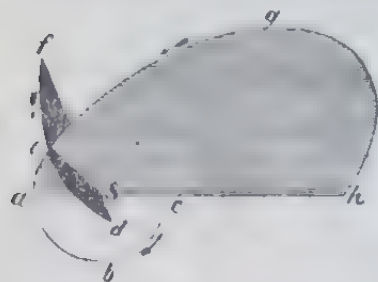


Рис. 187.

Уже при первомъ взглядѣ на этотъ рисунокъ мы замечаемъ, что земная орбита пересекаетъ орбиту кометы Біалы въ ея нисходящемъ узлѣ *a*, и что поэтому, развѣ только комета и земли одновременно придуть въ точку *a*, должно произойти столкновение обоихъ небесныхъ тѣлъ. О столкновении же кометы съ землей въ восходящемъ узлѣ *h*, очевидно, не можетъ быть и рѣчи, такъ какъ эта точка отстоитъ весьма далеко отъ всѣхъ точекъ земной орбиты *abc*. То же самое относится къ узламъ *d* и *f* орбиты кометы Энке

одинъ изъ нихъ *d* лежитъ внутри земной орбиты, а другой *f* вѣдь ея, но оба они отстоятъ весьма далеко отъ всѣхъ точекъ земной орбиты *abc*.

Орбиты кометы Біалы и кометы Энке пересекаются въ точкѣ *e*. Если мы, пользуясь элементами обоихъ орбитъ, спроецируемъ къ 1846 году, изображенное положеніе этой точки *e*, то мы найдемъ, что линія *Se*, по которой пере-

секаются плоскости орбитъ этихъ кометъ, составляетъ съ линіей *Sd* уголъ  $\angle dSe = 135^{\circ}16'$  и въ линіи *Sh* уголъ  $\angle hSe = 132^{\circ}12'$ . Въ прилагаемыхъ къ концу книги таблицъ найдемъ, что долготы восходящаго узла орбиты кометы Біалы равняется  $245^{\circ}54'$ . Следовательно, долготы нисходящаго узла составляетъ  $65^{\circ}54'$ . Всѣхъ этихъ данныхъ достаточно, чтобы вычислить радиусъ и широту точки *e*. Обратимся для этого къ рисунку 188, на которомъ *S* есть солнце. Вообразимъ, что изъ точки *S*, какъ изъ центра,

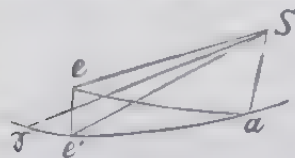


рис. 188.

предположимъ радиусомъ описъ на поверхности шара, и положимъ, что плоскости земной орбиты и орбиты кометы Ветлы пересѣкаются съ этой поверхностью по дугамъ великихъ круговъ  $\Upsilon a$  и  $ca$ . Гелиоцентрическая широта точки  $c$  есть уголъ  $cSc$ , и измерима дугой  $ca$ , которая перпендикулярна къ дугѣ  $\Upsilon a$ . Если  $\Upsilon$  есть точка бесконяго удаленія, то гелиоцентрическая долгота точки  $c$  есть уголъ  $\Upsilon Sc$ , и измерима дугой  $\Upsilon c$ . Гелиоцентрическую широту и долготу точки  $c$  мы вычислимъ, рѣшивъ по правиламъ тригонометрии сферическаго треугольника  $ca$ , въ которомъ дуга  $ca = 180 - 132.12 = 47.48$ , уголъ  $cae = 12.35$  и дуга  $ca = \Upsilon a - \Upsilon c = 65.54 - \Upsilon c$ . Рѣшеніе этого треугольника даетъ  $\alpha = 9.17$  и  $ca = 47.7$ . \* По этому гелиоцентрическая долгота точки  $c$  равняется  $18.8^\circ$ , а сѣверная широта ея составляетъ  $9.32$ . Точно также при помощи несложнаго вычисленія найдемъ, что точка  $c$  отстоитъ отъ ближайшей къ ней точки земной орбиты всего только на 0.6 радиуса этой послѣдней.

Если бы послѣ 1846 и особенно послѣ 1852 года комета Ветлы не различалась окончательно, и если бы когда-нибудь произошло встрѣченіе обоихъ кометъ въ точкѣ  $c$ , то наши потомки могли бы любоваться великолѣпнымъ зрѣлищемъ взаимнаго разрушенія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Согласно съ вышеизложеннымъ, комета Ветлы могла бы столкнуться также съ нашей землей. Сильное сближеніе ея орбиты съ земной было замѣчено вскорѣ послѣ открытія периодичности этой кометы, и на основаніи ея элементовъ можно было заключить, что при слѣдующемъ ея возвращеніи къ перигею, именно 29 октября 1832 года, она должна была пройти въ разстояніи только 2—3 земныхъ диаметровъ отъ земной орбиты, или, другими словами, она должна была подойти къ земной орбитѣ на разстояніи, въ 13 разъ меньшее, чѣмъ то, которое отдѣляетъ луну отъ земли. Знѣвъ вѣсть рѣчь о разстояніи кометы отъ земной орбиты, а не отъ самой земли, такъ какъ земля въ этотъ день отстояла отъ этой точки на 95 милліоновъ километровъ и прошла черезъ нее только 27 ноября. Въ данномъ случаѣ необходимо строго различать ту точку земной орбиты, вблизи которой прошла комета, отъ положенія самой земли на орбитѣ, и уже нѣрѣдко смѣшаніе этихъ понятій служило поводомъ предсказанія столкновенія кометы съ землей, и катастрофа описывалась въ такихъ яркихъ краскахъ, что страхъ и ужасъ широко распространился среди людей.

Вѣдѣтіе вѣроятнаго распадена этой кометы намъ больше не угрожаетъ столкновеніемъ съ ней, но не должны ли мы также опасаться столкновеній съ другими кометами? Комета, какъ мы знаемъ, очень много разъ пролетаетъ мимо земли во всевозможныхъ направленіяхъ, и случаи, когда ихъ орбиты пересѣкаются съ орбитой земли, во всякомъ случаѣ не такъ рѣдки, какъ это думали до сихъ поръ, и въ настоящее время мы знаемъ цѣлый рядъ кометъ, орбиты которыхъ вѣдѣтіемъ своего расположенія относительно земной орбиты могутъ внушать намъ не менѣе опасеніе, чѣмъ орбита кометы Ветлы. Изъ наибольша значительныхъ кометъ этого рода мы назовемъ слѣдующія кометы 1861 I и II, кометы 1862 II, III и VI, комета 1866 I и т. д. Какъ видно, могла бы одна изъ такихъ кометъ столкнуться съ землей и произвести на ея поверхности большія опустошенія и, въ концѣ концовъ, даже разрушить всю землю или уничтожить въ ней въ безконечное небесное пространство? Если бы столкнувшаяся съ землей комета или только ея ядро представляли черную массу значительныхъ размѣровъ въ сравненіи съ нашей землей, то столкновеніе такой кометы съ землей имѣло бы весьма губительныя для нѣя послѣдствія. И въ самомъ дѣлѣ, кто изъ насъ не знаетъ, что въ быстро текущемъ экипажѣ, если лошади внезапно останавливаются, или если экипажъ наталкивается на непреодолимое препятствіе, съюзи отбрасываются съ своихъ мѣсть впередъ, но въ направленіи движенія, и этотъ толчекъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе была скорость экипажа до его остановки или столкновенія. Можно себѣ послѣ этого представить, какая страшная ката-

страфа должна произойти при столкновении двухъ побѣдовъ. Но пойдемъ далѣе и положимъ, что наша земля, этого большой вагонъ, въ которомъ мы все совершаемъ путешествие вокругъ солнца со скоростью приблизительно 30 километровъ въ секунду, столкнулась съ кометою, состоящей изъ твердой массы. Какія же въ такомъ случаѣ гибельныя послѣдствія подыкно бы за собою такое столкновение? Мы сами и все движущееся на землѣ, воды рѣкъ и моря, наши дома, даже самыя скалы все это ринулось бы къ тому мѣсту, гдѣ произошло столкновение, и, такъ сказать, упало бы впередъ, по направленію движенія, воды океановъ оставили бы свои берега и направились бы къ тому же самому мѣсту, увлекая на своемъ пути всѣхъ людей и животныхъ и испровергая города и лѣса, и, мпоживъ всѣхъ лежащихъ на ихъ пути страна, онѣ покрыва бы своими пѣнившимися волнами даже самыя высочайя мѣстности. При этомъ всѣ живыя существа погибли бы, всѣ памятники человеческого искусства обратились бы въ прахъ и т. п.

Эта картина достаточно мрачна, но она не преувеличена. Слѣдовательно, участь, которой прежде распространялся среди суевѣрныхъ людей при появленіи кометы, въ настоящее время уступила мѣсто, повидимому, болѣе обоснованному опасенію, что одно изъ этихъ безчисленныхъ небесныхъ тѣлъ столкнется съ землею и поглотитъ конецъ всей жизни на ея поверхности. Въ дѣйствительности же дѣло обстоитъ совершенно иначе. Какія ужасныя послѣдствія вытекаютъ изъ предположенія, что столкнувшаяся съ землею комета есть плотное шарообразное тѣло значительныхъ размѣровъ въ сравненіи съ землею. Однако, въ предыдущемъ изложеніи мы неоднократно имѣли случай указывать на то, что кометы не имѣютъ никакого сходства съ большими твердыми тѣлами, и что повидимому, онѣ состоятъ скорѣе изъ отдѣльныхъ маленькихъ тѣлецъ, въ промежуткахъ между которыми нѣтъ никакой среды, обладающей сколько нибудь замѣтной плотностью. А если это такъ, то намъ ничто болѣе не грозитъ столкновения съ кометою, такъ какъ комета сравнима развѣ только съ самою разрѣженной атмосферой, и на паденіе любого изъ безчисленнаго множества метеоровъ мы можемъ смотрѣть какъ на столкновение съ кометою. И даже если бы комета обладала ядромъ, по величинѣ значительно превосходящимъ наибольшее изъ известныхъ намъ до сихъ поръ метеорныхъ камней, то и въ этомъ случаѣ при столкновении для цѣлой земли не представлялось бы ровню никакой опасности, и могли бы произойти только мѣстныя катастрофы, подобныя тѣмъ, которыя слѣловали за знаменитымъ изверженіемъ Кракатова. Но если столкновение земли съ кометою котораго прежде такъ боялись, и которое, кетали сказать, можетъ быть, уже неоднократно имѣло мѣсто, но оставалось незамѣченнымъ нами, вообще не имѣетъ никакихъ губительныхъ для насъ послѣдствій, то, само собою понятно еще менѣе должно оставлять намъ заботъ простое прохожденіе кометы вблизи нашей земли.

§ 151. **Періодическая комета Фая.** Эта комета была открыта 22 ноября 1843 г. Фаемъ въ Парижѣ. Въ телескопъ она представлялась въ видѣ небольшого, слабо свѣтящагося туманнаго пятна съ весьма замѣтнымъ студеніемъ въ серединѣ, которое при слабомъ увеличеніи имѣло видѣ планетарнаго ядра однако уже при увеличеніи въ 200 разъ нельзя было открыть никакого слѣда того, что собственно называется ядромъ, но туманная масса къ центру постепенно блѣднѣла, свѣдѣе, причѣмъ самое свѣдое мѣсто не совпадало въ точности съ центромъ пятна. Хвостъ былъ весьма вѣтвистъ и отчетливо, его видимая длина составляла, какъ гласали измѣрени О. Струве, произведенныя 19 декабря, 16, откуда, имѣя въ виду расстояние, отдѣлявшее въ то время комету отъ земли, заключено, что истинная длина хвоста равнялась 750000 километровъ. Струве наблюдалъ комету въ апрѣлѣ 1844 года, причѣмъ въ послѣднее время онъ уже съ трудомъ могъ различать ее. Во время этого періода видности кометы она, согласно съ его наблюденіями, имѣла видѣ раскрытаго вѣера.

Уменьшеніе яркости сначала происходило медленно, а потомъ весьма быстро. Въ октбрѣ 1843 года О. Струве по общему впечатлѣнію отвѣтъ комету по яркости къ звѣ-

дамы 6 или 7 величины и даже полагая, что вькоторое время ее можно было видьть невооруженнымъ глазомъ; въ серединь февраля она была уже настолько слаба, что на большей части обсерваторий пришлось прекратить ея наблюденья, и только при помощи пулковскаго 15-тидюймоваго рефрактора, которьй въ то время былъ наибольшимъ во всемъ мьрѣ, можно было слѣдить за кометой еще въ теченіе нѣсколькихъ недѣль.

Очень скоро изъ вычисленій оказалось, что орбита кометы Фая есть эллиптическая кривая, отличающаяся отъ окружности круга меньше, чѣмъ орбита любой изъ кометъ, которыя въ то время были извѣстны, и что время обращенія этой кометы составляетъ приблизительно 7 лѣтъ. Тщательное, основанное на большомъ числѣ наблюденьй, опредѣленіе орбиты этой кометы было предпринято Гольдшмидтомъ и Николаи, а возмущенія, которыя комета претерпѣла со стороны планетъ нашей солнечной системы во время периода ея видимости, были вычислены Леверье. Въ результатъ своихъ изслѣдованій этотъ послѣдній получилъ слѣдующую эллиптическую орбиту

Время прохожденія черезъ перигелии . . .	1843, октября 17.15435 ср. Пар. вр
Расстояніе перигелия отъ солнца . . . . .	1,69258
Большая полуось . . . . .	3,8116
Эксцентриситетъ . . . . .	0,55596
Долгота перигелия . . . . .	49° 34' 19"
Долгота восходящаго узла . . . . .	209 29 19
Наклонность . . . . .	11 22 31.

Время обращенія этой кометы около солнца на основаніи этихъ элементовъ получается равнымъ 2718 суткамъ или 7 годамъ 5  $\frac{1}{2}$  мѣсяцамъ. Комета Фая была наблюдаема при всѣхъ слѣдующихъ прохожденіяхъ черезъ перигелии, а именно въ 1851, 1858, 1865, 1873, 1881, 1888 и 1896 годахъ.

§ 152. **Построеніе модели кометной орбиты.** Чтобы видьть, какъ орбита кометы располагается среди планетныхъ орбитъ, мы покажемъ, какимъ образомъ можно по извѣстнымъ элементамъ построить модель кометной орбиты, которая бы давала намъ наглядное понятіе обо всѣхъ обстоятельствахъ движенія. Съ этой цѣлью начертимъ на твердой бумагѣ земную орбиту, которую при этомъ мы съ полнымъ правомъ можемъ считать окружностью круга. Масштабъ можетъ быть выбранъ произвольный, напр., такой, при которомъ радиусъ земной орбиты равенъ 3 сантиметрамъ. Пусть окружность *ABD* на рис. 189 изображаетъ земную орбиту. Черезъ центръ *S* этой окружности или, иначе говоря, черезъ центръ солнца, проведемъ произвольную прямую линію, которая пересѣкается съ нашей окружностью въ точкахъ *A* и *B*, и положимъ, что эта линія, будучи продолжена за точку *B* до встрѣчи съ небесной сферой, проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія  $\Upsilon$ . Раздѣлимъ окружность земной орбиты на 12 равныхъ частей и противъ каждой полученной такимъ образомъ точки подвинемъ число и мѣсяць, когда земля бываетъ въ ней. Такъ, въ точкѣ *A* земля бываетъ 21 марта, такъ какъ въ этотъ день солнце усматривается съ земли въ точкѣ весенняго равноденствія. Такимъ образомъ на рис. 189 представлено въ уменьшенномъ масштабѣ движеніе земли около солнца. Подобнымъ же образомъ можно начертить кометную орбиту, для чего мы должны поступить слѣдующимъ образомъ. Проведемъ (рис. 190) прямую линію *PQ* и положимъ, что эта линія представляетъ большую ось эллиса. Въ такомъ случаѣ, напр., для кометы Фая длина линіи *PQ* въ принятомъ выше масштабѣ должна составлять 6  $\times$  3,81 = 22,86 сантиметровъ. Раздѣлимъ эту линію пополамъ и отъ

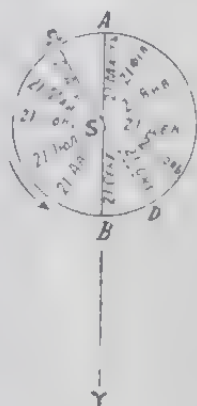
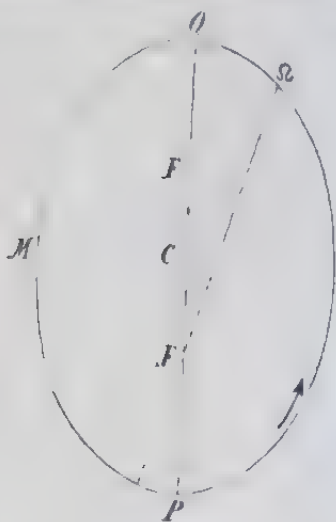


Рис 189.

середины са  $C$  отложимъ въ обѣ стороны до точекъ  $F'$  и  $F''$  длины, равныя  $11,43 \cdot 0,536 = 6,36$  сантиметрамъ, т. е. произведенію изъ большой полуоси на эксцентриситетъ. Въ такомъ случаѣ точки  $F'$  и  $F''$  будутъ фокусами эллипса. Затѣмъ укрѣпимъ концы нити, длина которой равняется  $22,86$  сантиметрамъ, въ точкахъ  $F'$  и  $F''$  и заставимъ острѣ карандаша скользить по нити такъ, чтобы нить все время была натянута (часть I, § 75), такимъ образомъ мы и вычертимъ въ принятомъ масштабѣ эллипсъ, описываемый кометою Фая около солнца. Если, далье, положимъ, что  $F'$  есть тотъ фокусъ, въ которомъ находится солнце, то точка  $P$  будетъ перигелиемъ кометы. Вычислимъ затѣмъ разстояніе перигелия отъ восходящаго узла оно равняется долготѣ перигелия безъ дол' на восходящаго узла. Въ нашемъ частномъ случаѣ получаемъ  $49^{\circ}34' - 209^{\circ}29' = 360^{\circ} - 49^{\circ}34' - 209^{\circ}29' = 109^{\circ}34' - 209^{\circ}29' = 200^{\circ}5'$ . Проведемъ черезъ точку  $F'$  линію  $F'Q$ , такъ, чтобы она составляла съ линіей  $F'P$  уголъ  $QF'P$ , равный  $200^{\circ}5' - 180^{\circ} = 20^{\circ}5'$ . Эта линія есть ничто иное, какъ линія пересѣченія плоскости кометной орбиты съ плоскостью земной орбиты. Въмѣстѣ съ тѣмъ на рисунокѣ 189 проведемъ линію  $\omega SD$  такъ, чтобы



Ис. 190

уголъ  $\gamma SD$  равнялся долготѣ восходящаго узла кометной орбиты безъ  $180^{\circ}$ , т. е.  $209^{\circ}29' - 180^{\circ} = 29^{\circ}29'$ . Въ такомъ случаѣ точка  $\Omega$  будетъ восходящимъ узломъ кометной орбиты, а линія  $S\Omega$ —линіей пересѣченія плоскости земной орбиты съ плоскостью кометной орбиты. Разрѣжемъ затѣмъ рисунокъ 190 по линіи  $F\Omega$  отъ точки  $\Omega$  до точки  $F$ , а рисунокъ 189 по линіи  $\Omega D$  отъ точки  $D$  до точки  $S$ , и вставимъ одинъ рисунокъ въ другой по направленію разрѣзовъ такъ, чтобы точка  $F$  и линія  $F\Omega$  рисунка 190 совпали съ точкой  $S$  и линіей  $S\Omega$  рисунка 189, и чтобы часть  $\Omega QM$  кометной орбиты лежала подъ плоскостью земной орбиты. Въ такомъ случаѣ, оставляя пока въ сторонѣ наклонность кометной орбиты, мы получимъ взаимное расположеніе обѣихъ орбитъ, соответствующее дѣйствительности. Если же мы, кромѣ

того, углы между плоскостями обѣихъ орбитъ сдѣлаемъ равными  $11^{\circ}22'$ , то мы и будемъ имѣть вполнѣ вѣрное изображеніе кометной орбиты. Стычки на рисунокѣхъ 189 и 190 указываютъ направленіе движеній какъ земли, такъ и кометы. Представимъ себѣ, что глазъ нашъ находится на перпендикулярѣ, возведенномъ изъ центра солнца, т. е. изъ точки  $S$ , къ плоскости эллипса въ такомъ случаѣ построенная нами модель кометной орбиты будетъ имѣть видъ изображенной на рис. 191. Мы видимъ, что въблизи перигелия комета ближе всего подходитъ къ землѣ, и что разстояніе ея отъ земли вообще не можетъ быть меньше половины разстоянія ея отъ солнца (приближенно). Далье мы видимъ, что, начиная съ января, комета быстро удаляется какъ отъ земли такъ и отъ солнца, и, следовательно, съ этого времени должна была значительно уменьшаться ея яркость. Исползуя рисунокъ 191 даемъ намъ вполнѣ понятной причину того, что комета была видима въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени. Земля и комета съ октября по январь двигались по одному и тому же направленію по почти параллельнымъ путямъ. Съ января же земля стала удаляться въ сторону отъ кометы, и наконецъ въ мартѣ и апрѣлѣ движеніе земли было почти перпендикулярно съ движеніемъ кометы, и разстояніе между обоими телами стало быстро увеличиваться. Поэтому чѣмъ яркость кометы сначала быстро уменьшалась, и вскорѣ комета сдѣлалась совершенно недоступной для наблюденій.

§ 153. Комета 1844 I и 1934 IV. 22 августа 1844 года Де-Вико, усердно и съ



большимъ успѣхомъ занимавшійся въ то время отъяскивѣемъ кометы, открылъ въ Римѣ въ созвѣздіи Кита новую комету, которая, правда, не отличалась большими размѣрами, но за то обладала яркимъ, резко ограниченнымъ ядромъ. Ея яркость въ началѣ была то-лько значительна, и нѣкоторые наблюдатели въ сентябрѣ видѣли ее даже невооружен-нымъ глазомъ; однако съ теченіемъ времени она дѣлалась все слабѣе и слабѣе, и уже въ серединѣ декабря ее болѣе нельзя было наблюдать. Ея видимое движеніе на небесномъ сводѣ было медленное и правильное; разстояніе отъ кометы до земли, выраженное въ до-ляхъ средняго разстоянія отъ земли до солнца, составляло:

22 августа . . . . .	0,20
1 сентября . . . . .	0,19
1 октября . . . . .	0,24
1 ноября . . . . .	0,39
1 декабря . . . . .	0,71

Слѣдовательно, наименьшее разстояніе равнялось приблизительно 30 милл. километр.

Но что у этой кометы было особенно замѣчательно, это — ея короткое время обращенія.

Всѣ старанія астрономовъ вычислить параболическую орбиту кометы на основаніи ея первыхъ наблюденій не приводили ни къ какому результату, и потому не было сомнѣнія въ томъ, что истинная орбита кометы весьма сильно отличается отъ параболы. И дѣйствительно, скоро было найдено, что комета описы-ваетъ около солнца эллипсъ, эксцентриситетъ котораго равняется 0,6, и что время ея обращенія составляетъ 5,5 лѣтъ. Это тѣмъ болѣе поразило всѣхъ астрономовъ, что до открытія кометы Фая въ 1843 году были извѣсны только двѣ кометы съ короткими пери-одомъ обращенія, а именно комета Энке и комета Біэлы, и вдругъ въ теченіе одного года прибавилось еще двѣ новыхъ кометы такого рода. Наиболѣе точные элементы этой кометы были вычислены Брюнновымъ, который принялъ во вниманіе точныя возмущенія отъ пла-нетъ; эти элементы мы приводимъ въ нижеслѣдующей табличкѣ, и рядомъ съ ними мы даемъ, по причинамъ, изложен-нымъ ниже, элементы кометы 1894 IV.

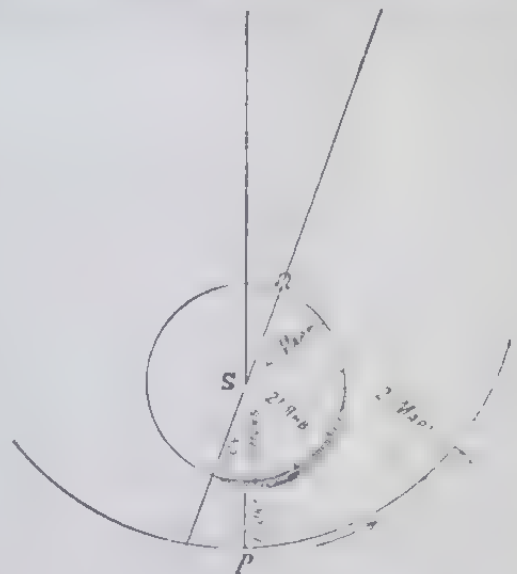


Рис. 191.

	1844 I	1894 IV
Время прохожденія черезъ перигелии . . . . .	сен. 2,4865	окт. 12,169
Долгота перигелия . . . . .	342°30,8'	345°20,1'
Долгота восходящаго узла . . . . .	63 49,0	48 35,4
Наклонность . . . . .	2 54,8	2 58,8
Разстояніе перигелия отъ солнца . . . . .	1,186399	1,39104
Эксцентриситетъ . . . . .	0,617654	0,56892
Время обращенія . . . . .	5,45 лѣтъ	5,80 лѣтъ
Вычислитель . . . . .	Брюнновъ	Шульцефъ

Такъ какъ наклонность въ данномъ случаѣ весьма мала, то взаимное расположеніе кометной и земной орбиты можно очень хорошо представить на обобщенномъ рисункѣ,

не прибегая къ помощи модели. Рисунокъ 192, который, если читатель сравнитъ его съ рисункомъ 191, не требуетъ никакихъ новыхъ поясненій, вполне удовлетворительно представляетъ взаимное расположеніе обѣихъ орбитъ. На этомъ рисункѣ мы непосредственно видимъ, какъ близко къ землѣ подошла комета вблизи перигелия  $P$ , и какъ быстро затѣмъ увеличивалось разстояніе между кометою и землей, начиная приблизительно съ октября мѣсяца. И въ этомъ случаѣ, совершенно подобно тому, какъ это имѣло мѣсто и для кометы Фая, земля и комета двигались нѣкоторое время, именно съ июля по октябрь, приблизительно по параллельнымъ между собою путямъ, по одному и тому же направленію и почти съ одинаковыми скоростями, и только въ октябрѣ направленія, по которымъ двигались оба эти тѣла, начинаютъ значительно отклоняться другъ отъ друга.

Въ 1850 году комета вернулась къ перигелию при такихъ неблагоприятныхъ условияхъ для ея видимости, что печено было и думать отыскать ее во время этого появленія. Отысканіе кометы во время новаго ея появленія въ 1855 году, когда имѣли мѣсто приблизительно такія же условия, какъ и въ 1844 году, оказалось, однако, болѣе затруднительнымъ, или, можетъ-быть, на поиски кометы не было обращено надлежащаго вниманія: во всякомъ случаѣ въ 1855 году комета опять не была найдена, и туманное пятно, наблюдавшееся 16 мая Гольдшмидтомъ въ Парижѣ, едва-ли можно считать за

эту комету. Подобнымъ же образомъ никто не видѣлъ этой кометы и во время слѣдующихъ 6 ея прохожденій черезъ перигелий. Правда, въ теченіе этого промежутка времени появлялись нѣкоторыя кометы, элементы которыхъ имѣли сходство съ элементами кометы 1844 I, и среди нихъ особеннаго вниманія заслуживаетъ комета 1886 VII, открытая Финлемъ на мѣсѣ Добрая Надежды 26 сентября 1886 года; однако, какъ только наблюденія новой кометы охватили болѣе значительную дугу, тотчасъ стало очевиднымъ, что это небесное тѣло нельзя считать тождественнымъ съ кометою Де-Вико. Но когда 21 ноября 1894 года была открыта весьма слабая комета Э. Свифтомъ, сыномъ знаменитаго ловца кометъ Л. Свифта, то уже на основаніи первыхъ наблюденій новаго тѣла была опредѣлена

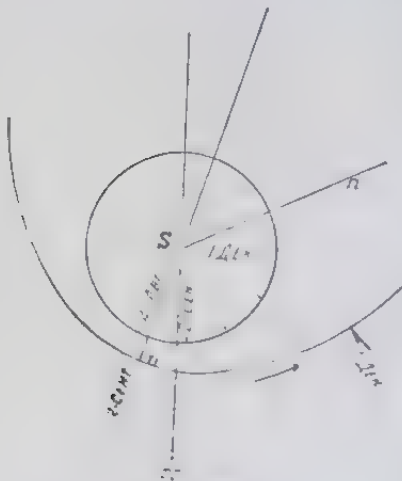


Рис. 192.

орбита настолько близка къ орбитѣ кометы Де-Вико, что съ большою вѣроятностью можно было считать оба эти небесныя тѣла тождественными. Дальѣйшее движеніе кометы настолько подтвердило эту догадку, что Шульгофъ предпринялъ вычисленіе орбиты новаго тѣла по наблюденіямъ, произведеннымъ въ теченіе всего только 8 дней, и получилъ вышеприведенные элементы, благодаря которымъ тогда обращался, по видимому, въ полную достовѣрность.

Поэтому Шульгофъ увеличилъ время обращенія новой кометы на 0,35 года сравнительно съ временемъ обращенія кометы Де-Вико, съ цѣлю удовлетворить тому обстоятельству, что возвращеніе этой кометы къ перигелию за послѣднія 8 ея прохожденій, во время которыхъ она не наблюдалась, замѣчалось приблизительно на одинъ годъ. Такое замѣчаніе вовсе не только не имѣло порицать такъ какъ эта комета, если только она действительно существовала съ кометою Де-Вико, въ 1885 и 1886 годахъ двигалась приблизительно параллельно Юпитеру и притомъ на такомъ близкомъ отъ него разстояніи, что она могла быть произвела значительныя возмущенія въ ея движеніи. Точно также имѣвъ на остальныхъ элементахъ произошло именно въ томъ смыслѣ, какого можно было

ожидать, причѣмъ весьма значительное измѣненіе въ долготѣ восходящаго узла, вследствие небольшой наклонности, имѣеть меньше значенія, чѣмъ это можетъ показаться съ перваго взгляда.

Только въ одномъ отношеніи новая комета существеннымъ образомъ отличается отъ кометы Де-Вико. Въ то время какъ эта послѣдняя была видима даже невооруженнымъ глазомъ, комета Свифта принадлежала къ числу весьма слабыхъ телескопическихъ кометъ, несмотря на то, что условия ея видимости не были особенно неблагоприятны. Это во всякомъ случаѣ достойное вниманія различіе между кометами Шулъгофъ пытается объяснить значительными измѣненіями яркости кометы, такъ какъ подобныя измѣненія неоднократно наблюдались у кометъ, причѣмъ особенно велики они были у кометы Хольмеса (§ 156). Шулъгофъ допускаетъ, что появленіе кометы въ 1844 году совпало съ временемъ наибольшей, а послѣднее появленіе съ временемъ наименьшей ея яркости. Мы же считаемъ болѣе вѣроятнымъ, что комета за этотъ промежутокъ времени начала распадаться и превращалась въ потокъ метеоровъ, подобно тому, какъ то же самое случилось послѣ 1846 года съ кометою Біалы.

\* Новое появленіе кометы ожидалось въ началѣ 1900 года, но она найдена не была, что вполне объясняется неблагоприятнымъ положеніемъ ея орбиты, которая послѣ 1894 года претерпѣла значительныя измѣненія подъ возмущающимъ дѣйствіемъ Юпитера. Поэтому пока эту комету слѣдуетъ считать потерянною.\*

Въ историческомъ отношеніи заслуживаетъ интереса упоминаніе, что Леверье и Брюнновъ считали комету Де-Вико тождественной съ кометою Де-ля-Гира, появленіе которой относится къ 1678 году. Поэтому тѣмъ болѣе слѣдуетъ сожалѣть, что комету Свифта можно было наблюдать лишь въ теченіе короткаго промежутка времени, и что она уже тотчасъ послѣ своего открытія была видима только въ самые сильные телескопы и вмѣстѣ съ тѣмъ непрерывно удалялась какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Вследствіе этого интересные вопросы, которые были возбуждены благодаря ея появленію, на этотъ разъ не были окончательно разрѣшены, и когда мы опять увидимъ эту комету, и увидимъ ли ее вообще, объ этомъ мы вовсе не можемъ судить на основаніи имѣющихся у насъ свѣдѣній объ этомъ небесномъ тѣлѣ.

§ 154. **Комета Брорзена.** Угрозѣ быть потерянною угрожала также слѣдующей періодической кометѣ съ короткимъ періодомъ обращенія, которая была открыта 26 февраля 1846 года Брорзеномъ въ Киль. Послѣ того какъ Брюнновъ и Д'Арре на основаніи семидневныхъ наблюденій обнаружили эллиптичность орбиты этой кометы, ее можно было наблюдать еще въ теченіе такого короткаго промежутка времени, что точное предвычисленіе слѣдующаго ея появленія въ 1851 году оказалось невозможнымъ, и въ этомъ году она не была найдена. Однако въ этомъ случаѣ судьба повернулась въ благоприятную сторону, и въ 1857 году, независимо отъ всякихъ предсказаній, она была вновь открыта Брунсомъ.

Комета имѣла видъ блѣдной, круглой туманной массы грануляціоннаго строенія, которая послѣ прохожденія черезъ перигелий стала увеличиваться. Вследствіе этого, вѣроятно, яркость кометы, по мѣрѣ ея удаленія отъ солнца, уменьшалась быстрое, чѣмъ это обыкновенно бываетъ, что, въ связи съ неблагоприятнымъ для видимости кометы положеніемъ ея орбиты, позволило слѣдить за ней лишь въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

То обстоятельство, что мы не видали этой кометы до 1846 года, несмотря на ея короткое время обращенія, равное приблизительно 5,5 годамъ, находитъ себѣ объясненіе въ весьма интересныхъ изслѣдованіяхъ Д'Арре, показавшаго, что орбита этой кометы только въ срединѣ мая 1842 года, когда комета подходила весьма близко къ Юпитеру, подверглась сильнымъ измѣненіямъ, благодаря которымъ явилась возможность видѣть комету съ земли. Но той-же причинѣ она въ срединѣ текущаго столѣтія снова исчезнетъ для насъ,

если только это не произошло раньше или уже не произошло по другим причинамъ. Въ самомъ дѣлѣ, послѣ того какъ эта комета была снова наблюдаема во время прохождения черезъ перигелий въ 1868, 1873 и 1879 годахъ, ее болѣе не могли найти ни въ 1884, ни въ 1890 годахъ, хотя во время этого послѣдняго, сравнительно благоприятнаго ея появленія астрономы весьма энергично и систематически искали ее. На этомъ основаніи приобретаетъ особенный интересъ замѣчаніе, сдѣланное Хиндомъ по случаю вычисленія элементовъ кометы 1894 I, которая была открыта Денингомъ 26 марта 1894 года. Оказывается, что орбита этой кометы пересѣкаетъ орбиту кометы Брорзенна, и что обѣ кометы въ апрѣлѣ 1881 года проходили черезъ точку пересѣченія почти одновременно. Весьма обстоятельное изслѣдованіе Лампа привело къ такому же результату, съ тою лишь разницей, что Лампъ, принявъ во вниманіе значительныя возмущенія, которыя комета Денинга претерпѣла въ началѣ 1881 года вслѣдствіе весьма сильнаго приближенія къ Юпитеру, указалъ на середину января этого года какъ на время встрѣчи кометъ. Кратчайшее разстояніе между обѣими орбитами составляетъ, по изслѣдованіямъ Лампа, только 0,0086 радиуса земной орбиты или 99 земныхъ диаметровъ, и кометы проходили черезъ это мѣсто лишь черезъ 6,4 дней одна послѣ другой.

Новое появленіе кометы Брорзенна ожидалось въ концѣ 1900 года. Во время этого появленія условія видимости кометы были настолько благоприятны, что ее непременно нашли бы, если бы она существовала или, по крайней мѣрѣ, если бы ея яркость была приблизительно такая же, какъ и во время прежнихъ появленій. Однако, несмотря на это, комета найдена не была, такъ что очень можетъ быть, что она при столкновеніи съ кометою Денинга въ 1881 г. распалась окончательно, и въ настоящее время, повидимому, совершенно не стоить заниматься предвычисленіемъ ея будущихъ появленій. \*

§ 155. **Кометы 1770 I и 1889 V.** 14 юня 1770 года Мессье открылъ телескопическую комету, которая къ концу этого мѣсяца въ теченіе короткаго времени была видима даже невооруженнымъ глазомъ и которую можно было наблюдать до 2 октября. Въ скоромъ времени эта комета приобрѣла особенный интересъ потому, что она, какъ оказалось, 1 юня подходила къ землѣ ближе всякой другой изъ извѣстныхъ кометъ, причемъ ея разстояніе отъ земли въ этотъ день составляло только 0,015 радиуса земной орбиты или 363 земныхъ радиуса и, слѣдовательно, было лишь въ 6 разъ больше разстоянія отъ земли до луны. При такомъ приближеніи, если бы ея масса была равна массѣ земли, возмущающее дѣйствіе кометы должно было бы измѣнить длину нашего года на дѣльныхъ  $2^{\circ} 53'$ , однако продолжительность года съ тѣхъ поръ не измѣнилась даже на  $1^{\circ}$ . А такъ какъ  $1^{\circ}$  крупнѣе числомъ въ 10,000 разъ меньше  $2^{\circ} 53'$ , то, слѣдовательно, масса кометы не можетъ составлять даже одной десяти тысячной части массы земли.

Когда наблюденія уже охватывали болѣе продолжительный промежутокъ времени, всѣ старанія астрономовъ удовлетворить движенію кометы параболическою орбитой не имѣли никакого успѣха, и это было тѣмъ болѣе удивительно, что въ то время кромѣ кометы Галлея не знали ни одной периодической кометы, по крайней мѣрѣ съ короткимъ періодомъ обращенія. Но такъ какъ кромѣ того въ то время астрономы еще не умѣли опредѣлять орбиту небеснаго тѣла безъ предварительнаго знанія эквиперигентега или времени обращенія (§§ 66 и 139), то только Лекселью послѣ нѣсколькихъ тщетныхъ попытокъ удалось обнаружить, что комета движется по эллиптической кривой съ временемъ обращенія, равнымъ 5,5 годамъ, вслѣдствіе чего эта комета обыкновенно называется кометою Лекселя. Этотъ результатъ, который, для того времени и безъ того казался парадоксальнымъ, поразилъ астрономовъ еще болѣе потому, что комета, несмотря на ея короткое время обращенія, раньше ни разу не наблюдалась; но въ концѣ концовъ послѣ многихъ весьма сложныхъ вычисленій было доказано, что въ 1767 году комета проходила близи Юпитера, и что эта могущественная планета преобразовала ее первоначальную,

по всей вероятности, весьма вытянутую орбиту въ alliance съ такимъ короткимъ періодомъ обращенія. Но послѣ 1770 года комета снова найдена не была, и причину этого объяснилъ Лапласъ. При движеніи кометы по орбитѣ, опредѣленной Лекселемъ, ее можно было бы снова видѣть въ яргѣ мѣсяцѣ 1776 года, если бы только она не находилась на нашемъ небосклонѣ исключительно днемъ, вследствие чего она и оставалась для насъ невидимой. При своемъ удаленіи отъ солнца комета въ 1779 году снова встрѣтилась съ Юпитеромъ, который опять произвелъ въ ея движеніи сильныя возмущенія.

Наиболѣе точныя изслѣдованія относительно орбиты этого небеснаго тѣла и относительно тѣхъ видоизмѣненій, которымъ она подвергалась какъ до, такъ и послѣ 1770 года при значительныхъ приближеніяхъ кометы къ Юпитеру, были произведены французскимъ астрономомъ Леверье. Въ 1779 году комета, какъ это съ большою вѣроятностью вытекаетъ изъ этихъ изслѣдованій, подходила къ Юпитеру такъ близко, что должна была пройти между его спутниками. Орбиту, по которой она должна была двигаться послѣ этого, нельзя было опредѣлить вследствие значительной неточности, присущей наблюденіямъ того времени; но во всякомъ случаѣ было установлено, что разстояніе перигелія отъ солнца при этомъ весьма сильно увеличилось, вследствие чего была потеряна всякая надежда снова увидѣть когда-нибудь комету на ея новой орбитѣ. И действительно, въ теченіе болѣе чѣмъ 100 лѣтъ не было найдено ни одной кометы, которую можно было бы отождествить съ кометою Лекселя. Но вотъ наконецъ 6 іюля 1889 года Бруксъ въ Женеvѣ (въ Сѣверной Америкѣ) открываетъ слабую, еще видимую комету, которая въ скоромъ времени оказалась одной изъ интереснѣйшихъ когда-либо наблюдавшихся кометъ.

Уже первыя опредѣленія орбиты обнаружили, что эта комета принадлежитъ къ числу периодическихъ съ короткимъ временемъ обращенія. Но еще болѣе интересъ возбуждала эта комета послѣ того, какъ Чендлеръ показалъ, что въ май 1886 года она подходила необыкновенно близко къ Юпитеру и притомъ въ той же самой части неба, гдѣ комета Лекселя въ 1779 году подвергалась сильнымъ возмущеніямъ со стороны этой планеты, и что по этому тождественность обонъ небесныхъ тѣлъ не только возможна, но даже въ высшей степени вѣроятна. Это побудило Пура завѣсть болѣе точнымъ изслѣдованіемъ вопроса, причемъ онъ, вычисливъ строгимъ образомъ возмущенія, прослѣдилъ за движеніемъ кометы со времени открытія назадъ до встрѣчи ея съ Юпитеромъ. Въ результатъ своей трудной работы Пуръ показалъ, что комета въ действительности только съ 1886 года, благодаря возмущающему дѣйствию Юпитера, стала двигаться по своей новой орбитѣ. 20 іюля 1886 года она подходила къ Юпитеру настолько близко, что почти касалась его поверхности и проходила такимъ образомъ между планетой и пятымъ спутникомъ, открытымъ Барнардомъ, причемъ въ системѣ юпитеровыхъ спутниковъ она дѣлалась въ теченіе 2,6 дней. Въ теченіе этого времени комета описала почти полный кругъ около Юпитера, пройдя дугу, равную  $313^{\circ}$ . Для періода обращенія кометы до 1884 года, т. е. до того времени, начиная съ котораго Юпитеръ уже сталъ оказывать замѣтное вліяніе на форму ея орбиты, Пуръ получилъ 31,4 года, разстояніе же перигелія отъ солнца въ это время, по его вычисленіямъ, равнялось 3,46 радиусамъ земной орбиты, почему комета и оставалась невидимой для насъ.

Время обращенія, равное 31,4 годамъ, собственно не говоритъ въ пользу тождественности этой кометы съ кометою Лекселя, такъ какъ оно не заключается цѣлое число разъ въ промежуткѣ между 1779 и 1884 годами, т. е. въ 105 годахъ. Однако это обстоятельство не имѣетъ такого большаго значенія, какъ это можетъ показаться съ перваго взгляда, такъ какъ возможныя приближенія кометы къ Юпитеру и возмущенія, которыя эта планета производитъ въ ея движеніи, должны весьма значительно измѣнить ея элементы. Поэтому окончательное рѣшеніе вопроса о тождественности обонъ кометъ, было отложено до слѣдующаго появленія кометы.

\* Новое появленіе кометы Брукса произошло въ 1896 году, причѣмъ она была открыта 20 июня Жавелемъ въ Ниццѣ и въ послѣдній разъ была наблюдаема 25 февраля 1897 года на Ликской обсерваторіи. На основаніи подробныхъ изслѣдованій движенія этой кометы, вновь произведенныхъ Шульгофомъ и Пуромъ, тождественность этой кометы съ кометою Лекселя, вопреки прежнимъ мнѣніямъ, оказалась мало вѣроятной, и Шульгофъ между прочимъ отождествляетъ съ кометою Лекселя периодическую комету 1895 II, открытую Л. Свифтомъ 20 августа 1895 и обладающую периодомъ обращенія, равнымъ приблизительно 7 годамъ. \*

Комета Брукса представляетъ высокий интересъ не только въ историческомъ отношеніи, но также вѣдѣтне тѣхъ явленій, которыя развивались въ ней.

Во время своего открытія она имѣла видъ обыкновенной не особенно яркой телескопической кометы: это была блѣдная, круглая туманная масса, съ размытымъ ядромъ въ центрѣ и со слѣдами хвоста. Въ теченіе слѣдующихъ трехъ недѣль хвостъ увеличивался необыкновенно быстро, и въ это время неоднократно замѣчались сильныя колебанія яркости кометы. Впрочемъ эти колебанія уже нельзя было причислять къ необыкновеннымъ явленіямъ, такъ какъ они наблюдались въ кометахъ довольно часто, послѣ того какъ на нихъ стали обращать болѣе вниманія, благодаря весьма замѣчательному свѣтовому изверженію имѣвшему мѣсто въ сентябрѣ 1883 года въ периодической кометѣ Понса съ периодомъ обращенія, равнымъ 72 годамъ. Не менѣе паразито всѣхъ извѣстна, что Барнардъ утромъ 2 августа открылъ у кометы двухъ спутниковъ, а утромъ 5 августа еще двухъ но уже болѣе слабыхъ и болѣе удаленныхъ отъ кометы. Кроме того утромъ 3 августа Барнардъ замѣтилъ еще нѣсколько блѣдныхъ туманныхъ массъ, но только на значительномъ разстояніи отъ главной кометы, и притомъ эти массы представляли собою образования, по видимому весьма неспособныя, такъ какъ ужъ на слѣдующій день онъ болѣе не могъ отыскать ихъ.

Во время открытія спутниковъ главная комета обладала вѣрообразнымъ хвостомъ длиною въ 15' и небольшимъ ядромъ 12-ой величины. Ближайшій къ кометѣ изъ двухъ болѣе яркихъ спутниковъ представлялъ миниатюрное изображеніе главной кометы: онъ обладалъ необыкновенно маленькимъ ядромъ похожимъ на неподвижную звезду, и необыкновенно длиннымъ хвостомъ. Некоторое время этотъ спутникъ оставался безъ всякихъ измѣненій, но въ послѣднихъ числахъ августа онъ началъ увеличиваться и дѣлаться размытымъ, причѣмъ вмѣстѣ съ тѣмъ исчезло ступеніе въ его центрѣ, и 5 сентября, когда его видѣли въ послѣдній разъ, онъ имѣлъ видъ скорѣе большаго, необыкновенно блѣднаго и размытаго туманнаго пятна. Такъ какъ въ это время комета все еще приближалась какъ къ солнцу, такъ и къ землѣ, и, слѣдовательно, яркость спутниковъ должна была бы увеличиваться, а не уменьшаться, то нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что этотъ спутникъ разсѣялся въ пространствѣ и прекратилъ свое существованіе.

Наиболѣе удаленный изъ яркихъ спутниковъ вначалѣ былъ болѣе ближайшаго, но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ былъ блѣднѣе его и болѣе размытъ на краяхъ; у этого спутника также были замѣтны маленькое ядро и хвостъ. Яркость его постепенно увеличивалась, опертанія дѣлались болѣе рѣзкими и въ центрѣ образовалось довольно значительное ступеніе, такъ что 31 августа онъ въ дѣйствительности былъ ярче главной кометы, яркость которой около этого времени, по видимому, уменьшалась въ теченіе нѣсколькихъ дней. До средины сентября главная комета и спутникъ оставались приблизительно равными по яркости, но четвъ спутникъ сталъ — сначала медленно, а начиная съ 27 сентября весьма быстро — блѣднѣть, расширяться и дѣлаться болѣе размытымъ, и наконецъ 25 ноября исчезъ совершенно. Поэтому, и этотъ спутникъ, по видимому, подвергся тому же самому процессу расщепленія, какъ и первый, и въ концѣ концовъ прекратилъ свое существованіе.

Изъ двухъ спутниковъ, открытых 5 августа, одинъ наблюдали только на Ликской

обсерваторія съ 5 по 30 августа, а другой—на Ликской обсерваторіи 5 и 29 августа и въ Вьѣ 5 августа и 23 октября.

Наблюдениями наиболѣе отдаленнаго изъ яркихъ спутниковъ Бредихинъ воспользовался для опредѣленія его орбиты и показалъ, что раздѣленіе кометы произошло въ плоскости ея орбиты и имѣло мѣсто вблизи афелия. Если допустить, что отдѣленіе отъ кометы другихъ частей также произошло въ плоскости ея орбиты, то на основаніи только что упомянутыхъ двухъ наблюдений, произведенныхъ въ Вьѣ, оказывается, что орбита слабаго спутника, къ которому относятся эти наблюденія, пересѣкаетъ орбиту главной кометы также вблизи афелия. Но въ этомъ же мѣстѣ въ 1886 году встрѣтились Юпитеръ и комета; поэтому весьма вѣроятно, что отдѣленіе спутниковъ произошло именно въ это время. Причиной этого могло быть неодинаковое дѣйствіе планеты на различныя части кометы или столкновеніе этой послѣдней со спутниками Юпитера, среди которыхъ планета находилась въ теченіе  $2\frac{1}{2}$  дней.

\* Во время слѣдующаго появленія въ 1896 году спутниковъ у кометы Брукса никто не наблюдалъ. Въ этомъ году комета была очень слаба, діаметръ ея достигалъ 1, ядро имѣло видъ звѣзды 12-ой величины. \*

Однако вышеизложеннымъ интересъ къ кометѣ Брукса еще не исчерпывается. Послѣ того какъ въ Вьѣ ее наблюдали до 19 марта, а на Ликской обсерваторіи до 20 марта 1890 г., она, послѣ соединенія съ солнцемъ, была вторично открыта 21 ноября 1890 г. Барнардомъ, который и наблюдалъ ее еще до 13 января 1891 г., но въ это время она находилась лишь на предѣлѣ видимости для большаго рефрактора Ликской обсерваторіи. Это—первый примѣръ того, что періодическая комета была наблюдаема во время противостоянія, такъ далеко отогонянаго отъ ея прохожденія черезъ перигелий, періодъ, въ теченіе котораго можно было наблюдать эту комету, не принадлежащую къ тому-же къ числу самыхъ яркихъ, составляетъ 556 дней и на 45 дней превосходитъ таковой-же періодъ для кометы 1811 года, которая была видима въ теченіе 511 дней. Годы 1890—92 навсегда останутся памятными въ астрономіи, такъ какъ за этотъ промежутокъ удалось наблюдать 4 сравнительно слабыя кометы въ теченіе необыкновенно продолжительнаго времени и прослѣдить ихъ до такихъ разогоній, на которыхъ прежде кометы вообще не были доступны оптической силѣ астрономическихъ грубъ. Телескопическую комету 1889 I, открытую 2 сентября 1888 года Барнардомъ, а однимъ мѣсяцъ позже, независимо отъ него, Бруксомъ, можно было наблюдать еще дольше, чѣмъ вышеупомянутую комету: ея наблюденія обнимаютъ промежутокъ времени съ момента открытія до 7 сентября 1890 года, и слѣдовательно она была видима въ теченіе 735 дней, т. е. дольше, чѣмъ вообще кака-либо другая изъ известныхъ кометъ. Сообразно съ этимъ ея предѣльные разстоянія отъ земли и отъ солнца, на которыхъ она еще была наблюдаема, составляли соответственно 6,37 и 6,34 радиусовъ земной орбиты до такого большаго разстоянія не удавалось прослѣдить ни одной изъ известныхъ кометъ. Кромѣ того, въ этотъ же промежутокъ времени наблюдали комету 1889 II съ 31 марта 1889 до 24 августа 1890, т. е. въ теченіе 511 дней, и комету 1890 II съ 19 марта 1890 до 4 февраля 1892, т. е. въ теченіе 687 дней.

§ 156. **Комета Хольмеса.** Къ числу самыхъ замѣчательныхъ во многихъ отношеніяхъ кометъ послѣдняго времени, безспорно, слѣдуетъ отнести ту, которая была открыта 6 ноября 1892 года Хольмесомъ въ Лондонѣ. Уже первыя опредѣленія орбиты, основанныя на точныхъ наблюденіяхъ, привели къ удивительному результату, а именно, что комета была открыта черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ прохожденія черезъ перигелий, на необыкновенно большомъ разстояніи какъ отъ солнца, такъ и отъ земли, причемъ разстояніе до солнца составляло 2,6, а до земли 2 радиусъ земной орбиты. Подробныя вычисленія привели къ еще болѣе неожиданному результату, состоящему въ томъ, что комета уже съ середины мая обладала значительной яркостью и находилась въ сѣверномъ

подушари неба въ довольно благоприятномъ для ея видности положеніи; въ срединѣ августа яркость ея была такая же, какъ во время открытія, а во второй половинѣ сентября даже значительно больше. Это поразило всѣхъ особенно потому, что въ моментъ открытія комета была ярче туманности въ созвѣздіи Андромеды, вѣдливо которой она находилась, и, следовательно, легко могла быть видима невооруженнымъ глазомъ. 7 и 8 ноября она нѣсколькими лицами въ Англии и Шотландіи была замѣчена невооруженнымъ глазомъ, и, можетъ быть, еще 3 ноября видѣть эту комету Поггъ въ Ньюпортѣ, но принялъ ее за известную туманность. Поэтому приходится удивляться тому, какъ она могла раньше въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ ускользнуть отъ вниманія наблюдателей. Удивленіе возрасло еще болѣе, когда во второй половинѣ ноября Крейцъ, Шульцъ и Сирль почти одновременно обнаружили, что комета принадлежитъ къ числу периодическихъ, и что время ея обращенія равняется приблизительно 7 годамъ, почему-же въ такомъ случаѣ само собою возникаетъ вопросъ: эта яркая комета ниразу не была замѣчена раньше, при прежнихъ своихъ прохожденіяхъ черезъ периселіи, въ которыхъ нѣкоторыя были болѣе благоприятны для видности кометы, чѣмъ ея появленіе въ 1892 году? Такъ какъ комета въ моментъ открытія находилась въ наиболее богатой планетами части кольца астероидовъ, то нѣкоторые астрономы и въ особенности Корританъ полагали, что комета могла бы быть результатомъ столкновенія двухъ астероидовъ. Однако въ скоромъ времени явленіи, разившіяся въ самой кометѣ, дали астрономамъ ключъ къ болѣе простому объясненію всѣхъ выше указанныхъ трудностей.

Во время своего открытія комета представляла яркую, круглую туманную массу, съ диаметромъ, равнымъ 5', съ слабымъ свѣщеніемъ въ центрѣ, со слабымъ хвостомъ, но уже въ слѣдующіе дни она стала значительно расширяться во всѣ стороны. При этомъ она стала весьма быстро блѣднѣть въ своихъ центральныхъ частяхъ, такъ что уже въ концѣ ноября она имѣла видъ равномерно освѣщенной, блѣдной, размытой туманности, диаметръ которой составлялъ по крайней мѣрѣ 30'. Въ этой стадіи развитія кометы особенно хорошо можно было прослѣдить известное явленіе, что условія видности блѣдной туманности большихъ размѣровъ не улучшаются съ увеличеніемъ отверстія объектива зрительной трубы. Такъ, на Вилъской обсерваторіи при наблюденіи кометы въ различныя зрительныя трубы не только ея яркость представлялась приблизительно одинаковою, но даже для большого рефрактора съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 68 сантиметровъ она находилась почти на предѣлѣ видности, между тѣмъ какъ Пуллиза въ это время могъ еще замѣтить ее невооруженнымъ глазомъ, хотя и съ большимъ трудомъ.

Въ срединѣ января яркость кометы, на основаніи теоретическихъ изслѣдованій, должна была уменьшиться вдвое противъ яркости въ моментъ открытія, на самомъ же дѣлѣ даже въ большіе телескопы ее можно было наблюдать лишь съ весьма большимъ трудомъ, какъ вдругъ совершенно неожиданно она снова увеличивается въ блескъ и принимаетъ совершенно другой видъ. Вечеромъ 16 января астрономы не мало были удивлены, замѣтивъ, что комета не имѣла болѣе видъ блѣдной туманности, какъ въ предыдущія ночи, а скорѣе была похожа на неподвижную звѣзду, окруженную весьма незначительной туманной оболочкой, диаметръ которой едва достигалъ 30', но при этомъ комета была нагодько ярка, что нѣкоторые наблюдатели могли ее видѣть невооруженнымъ глазомъ. Въ теченіе слѣдующихъ дней повторились тѣ-же самыя явленія, которыя имѣли мѣсто въ ноябрѣ, яркость ядра стала быстро уменьшаться, а размѣры окружающей его оболочки снова стали увеличиваться, такъ что 23 января диаметръ кометы опять достигъ 2', и увеличеніе размѣровъ кометы непрерывно продолжалось до 10 февраля, когда комета снова обратилась въ размытую туманность, почти совершенно лишениую ядра. Но не смотря на постоянно убывающую яркость комета могла быть наблюдаема до середины марта, и Кобольдъ въ Страсбургѣ видѣлъ ее еще 6 апрѣля, однако она была уже слишкомъ слаба, чтобы можно было опредѣлить ея положеніе на небѣ.



Вследствие всего выше изложеннаго становится весьма вероятнымъ, что незадолго до 6 ноября произошло увеличеніе яркости, совершенно подобное тому, какое имѣло мѣсто 16 января 1893 года, и что такимъ образомъ невидимое раньше свѣтило вдругъ сдѣлалось яркимъ. Съ этимъ вполне согласуется показаніе Хольмеса, что онъ 25 октября изслѣдовалъ ту-же самую область неба въ созвѣздіи Андромеды, но не замѣтилъ тамъ ничего, похожего на комету.

Внезапныя измѣненія яркости, а также наружнаго вида кометы въ последнее десятилѣтіе наблюдались, какъ уже было упомянуто выше, неоднократно; однако никогда еще это явленіе не развивалось въ такой сильной степени, какъ у кометы Хольмеса. Еще болѣе значенія имѣетъ то обстоятельство, что это явленіе у кометы Хольмеса впервые развилось на такомъ разгонѣ отъ солнца, на которомъ никогда ничего подобнаго не наблюдалось у другихъ кометъ. Увеличеніе размѣровъ такъ называемыхъ «волокъ» при удаленіи кометы отъ солнца также не является единственнымъ въ этомъ родѣ фактомъ; оно, напримѣръ, имѣло мѣсто при каждомъ наблюдавшемся до сихъ поръ появленіи кометы Броуна (§ 154); но въ случаѣ кометы Хольмеса особенностью является то, что это увеличеніе повторялось нѣсколько разъ.

Особенно же замѣчательнъ былъ спектръ кометы Хольмеса, который отличался отъ всѣхъ наблюдавшихся до сихъ поръ кометныхъ спектровъ: въ началѣ видимости кометы, а также при увеличеніи ея яркости въ январѣ комета обладала непрерывнымъ спектромъ.

Не менѣе замѣчательны также видъ и расположеніе орбиты этой кометы. Ея перигелій лежитъ за орбитой Марса, а афелій по сю сторону отъ орбиты Юпитера; следовательно, комета постоянно движется внутри зоны малыхъ планетъ. Точно также благодаря ея сравнительно весьма малому эксцентриситету почти совершенно исчезаетъ та разница, которая въ этомъ отношеніи существовала раньше между кометами и планетами, такъ какъ многіе астероиды обладаютъ почти такимъ же эксцентриситетомъ.

\* При второмъ своемъ появленіи комета Хольмеса была открыта 10 ноя 1899 года астрономомъ Перрине на Ликской обсерваторіи на основаніи предвычисленія Цвиера. Комета представляла круглую туманность съ небольшимъ ступеніемъ въ серединѣ. Диаметръ кометы равнялся 30"; яркость не превосходила 16-ой величины. Также и впоследствии яркость кометы существеннымъ образомъ не увеличилась; наибольшая ея яркость едва достигала 14-ой величины, такъ что комета все время была доступна лишь самымъ большимъ телескопамъ.

Весьма слабая яркость кометы во время этого появленія, повидимому, говоритъ въ пользу предположенія, что комета вообще принадлежитъ къ весьма слабымъ небеснымъ тѣламъ, и что въ 1892 году яркость ея сильно увеличилась по какимъ-то неизвѣстнымъ причинамъ, такъ какъ теоретически условия видимости кометы были одинаковы во время обоихъ ея появленій.

Перрине могъ слѣдить за этой слабой кометой то 20 января 1900 г., такъ что промежутокъ времени, въ теченіе котораго возможно было наблюдать, равняется 71 мѣсяцамъ. \*

§ 157. **Большая комета 1843 года.** Различныя свѣдѣнія относительно другихъ историческихъ кометъ читатель найдетъ въ спискѣ кометъ, приложенномъ въ концѣ книги. Здѣсь же мы предпочитаемъ разсмотрѣть нѣкоторыя интересныя въ другомъ отношеніи кометы, которая появлялась въ наше время, и благодаря которымъ мы, применяя къ ихъ наблюденію современныя оптическія средства, познакомились съ массой въ высшей степени замѣчательныхъ явленій. Прямѣ всего мы обратимъ вниманіе на одну изъ самыхъ замѣчательныхъ когда-либо появившихся кометъ, именно на большую комету 1843 года, которая, вѣроятно, памятна нѣкоторымъ изъ нашихъ читателей.

Въ серединѣ марта 1843 года по вечерамъ была видна на западной части неба въ созвѣздіи Эриданъ блѣдая, яркая полоса, которая гнущась приблизительно по направленію

экватора и въ зениту простиралась отъ горизонта болѣе чѣмъ на  $45^\circ$  (рис. 193). Уже наблюдения невооруженнымъ глазомъ не оставляли никакого сомнѣнія въ томъ, что это была хвостъ большой кометы, и такой взглядъ находилъ полное подтвержденіе въ томъ, что съ помощью зрительной трубы можно было видѣть на концѣ хвоста соедемъ въблизи горизонта ядро, которое представляло довольно крупное, похожее на звезду пятно, окруженное туманной оболочкой. Въ скоромъ времени изъ южныхъ обсерваторій были получены болѣе подробныя свѣдѣнія, изъ которыхъ было видно, что яркость кометы равнѣе была значительно больше, и что, напр., 28 февраля во многихъ мѣстахъ Италии ее можно было видѣть невооруженнымъ глазомъ шестъ неделью отъ солнца. Еще позже узнали, что Кларкъ въ Портландѣ въ Америкѣ также 28 февраля наблюдалъ кульминацію кометы лишь черезъ нѣсколько минутъ послѣ кульминаціи солнца, и что Боурингъ (Bowring) въ Мексикѣ измѣрилъ видимое разстояніе кометы отъ солнца, которое составляло приблизительно  $4^\circ$ . При этомъ въ видѣ курьеза слѣдуетъ упомянуть, что, въ то время какъ всюду на поверхности земли на кометы смотрѣли съ ужасомъ и страхомъ какъ на предвѣстницъ бѣдъ, въ

Мексикѣ ихъ съ радостью привѣтвовали какъ приносящія счастье свѣтила, появленіе которыхъ совпадало съ временемъ открытія золотыхъ и серебряныхъ копей. Такъ напр., комету 1811 г. ставили въ связь съ открытіемъ рудника Рефужіо, комету 1819 года — съ открытіемъ чистой серебряной жилы Мореласъ, появленіе кометы Галлея въ 1835 году — съ открытіемъ рудника Гваделупе-и-Валво, который въ то время находился среди пустыни, и т. д.

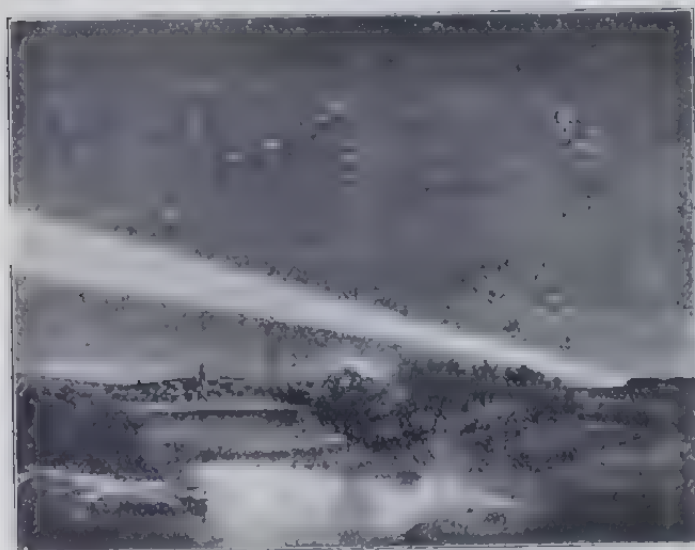


Рис. 193.

Послѣ 28 февраля комета 1843 года на нѣсколько дней исчезла совершенно, и это продолжалось до 3 марта, когда угловое разстояніе кометы отъ солнца было уже настолько велико, что въ южномъ полушаріи она была видима по вечерамъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Въ среднѣ Европѣ она сдѣлалась доступной для наблюденія, какъ мы упомянули уже выше, только въ серединѣ марта, въ южной же Европѣ ее наблюдали въ Лиссабонѣ уже 8 марта, когда яркость ея ядра равнялась яркости Юпитера.

Размѣры хвоста были измѣрены различными наблюдателями, и хотя на эти измѣренія, вѣдѣныя неопредѣленности офертаніи хвоста и вѣдѣныя сильнаго вліянія прозрачности неба на результаты скорѣе надо смотрѣть какъ на простую ошибку, тѣмъ не менѣе изъ нихъ слѣдуетъ, что въ первое время видимости кометы хвостъ обладалъ совершенно несообразными размѣрами. Длина его въ первыхъ числахъ марта составляла отъ 68 до 70 градуса, послѣ она стала уменьшаться, сначала, до 21 марта, очень медленно, а потомъ такъ остро, что въ концѣ мѣсяца была вдвое меньше, чѣмъ въ началѣ. Истинная длина хвоста до времени наибольшаго его развитія была лишь только немного меньше диаметра земной орбиты, а именно она составляла отъ 250 до 300 миллионовъ километровъ. При этомъ въблизи ядра хвостъ былъ очень узокъ, а къ другому концу онъ постепенно расширялся,

но такъ медленно, что его ширина даже въ самомъ широкомъ мѣстѣ едва достигала  $3^{\circ}$ . На самомъ концѣ хвостъ переходилъ въ остріе, очертанія котораго были весьма неопредѣльны, такъ что наблюдать это остріе было весьма трудно, и хвостъ терялся на темномъ фонѣ неба. Какъ и у большинства раньше появившихся кометъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, у этой кометы хвостъ по бокамъ былъ ярче, чѣмъ въ серединѣ, такъ что въ общемъ онъ имѣлъ видъ пустого внутри сѣтчатого конуса, въ вершинѣ котораго находилось ядро. Вообще отчетливо выступала также кривизна хвоста, причѣмъ онъ былъ загнутъ въ югу.

Но самое замѣчательное и самое удивительное въ этой кометѣ было то, что при необыкновенной длинѣ хвоста ядро было почти совсѣмъ незамѣтно, такъ что получалось впечатлѣніе, будто большая часть матеріи, содержащейся въ ядрѣ, пошла на образованіе хвоста. Кроме того размѣры кометы, при ея удаленіи отъ земли и отъ солнца для невооруженнаго глаза не уменьшались постепенно, но комета приблизилась все сразу и благодаря этому сдѣлалась невидимой въ весьма короткое время. Такъ, Шмидтъ еще 30 марта отъицалъ длину хвоста въ  $38^{\circ}$ , а 2 апрѣля онъ уже ничего не могъ видѣть, чему, безъ сомнѣнія, способствовало также луиное освѣщеніе. Другую особенность этой кометы составляло необыкновенно быстрое уменьшеніе ея яркости, оно происходило такъ быстро, что уже черезъ 14 дней послѣ того, какъ комета исчезла для невооруженнаго глаза, ее болѣе нельзя было наблюдать даже при помощи самыхъ сильныхъ телескоповъ того времени.

Нѣсколько дней спустя послѣ появленія кометы было сдѣлано приближенное опредѣленіе ея орбиты, и при этомъ оказалось, что разстояніе кометы отъ солнца во время ея прохожденія черезъ перигелий было необыкновенно мало, по однимъ вычисленіямъ только 0,01, а по другимъ даже меньше 0,005 средняго разстоянія отъ земли до солнца, такъ что въ этотъ моментъ комета должна была пройти весьма близко отъ поверхности солнца. Радиусъ солнца равенъ 693 300 километрамъ: среднее разстояніе отъ земли до солнца составляетъ 148 600 000 километровъ, и, слѣдовательно, 0,01 этого разстоянія равняется 1486 000 километровъ, а 0,005 — только 743 000 километровъ. Значитъ, при разстояніи перигелия, равномъ 0,01, комета отстояла бы отъ поверхности солнца приблизительно въ два раза дальше, чѣмъ луна отъ земли; если же для разстоянія перигелия мы примемъ 0,005, то въ моментъ прохожденія кометы черезъ перигелий она должна была отстоять отъ поверхности солнца круглымъ числомъ всего только на 4 земныхъ диаметра. Подобнымъ же образомъ всѣ позднѣйшія вычисленія тавли весьма малое разстояніе перигелия, такъ что, напр., по опредѣленіямъ Губбарда, комета въ перигелий должна была отстоять отъ поверхности солнца всего только на 10 земныхъ диаметровъ.



Рис. 194.

Больше издѣльное понятіе о малости разстояній перигелия читатель составитъ себѣ по рисунку 194, на которомъ, согласно съ дѣйствительностью, изображены солнце и приближающаяся къ нему часть орбиты. Точка *P* есть перигелий, и масштабъ взоранъ такъ, что 100 000 километровъ равняется на рисункѣ 1 миллиметру. Среднее разстояніе отъ земли до солнца въ этомъ масштабѣ выразилось бы длиной, равной 1,5 метрамъ.

Кромѣ малого разстоянія перигелия еще достойно упомянуть быстрое угловое движеніе кометы около солнца 27 февраля, что весьма наглядно видно на томъ же рис. 194, на которомъ нанесены положенія кометы для нѣсколькихъ моментовъ. По вычисленіямъ

Николай въ этотъ день въ  $10^h 29^m$  средняго парижскаго времени комета находилась въ перигелии  $P$ , а въ  $11^m$ ,  $12^h$ ,  $13^h$  и т. д. въ тѣхъ точкахъ, при которыхъ на рис. 194 сдѣланы соответственныя обозначенія. Такимъ образомъ мы видимъ, что въ одинъ этотъ день гелиоцентрическое угловое движеніе составляло болѣе  $\frac{3}{4}$  окружности. Не менѣе замѣчательно быстрое уменьшеніе этого движенія: съ 28 февраля по 10 марта, слѣдовательно, въ теченіе 10 дней, угловое движеніе составило  $20^\circ 58'$ , съ 10 по 20 марта — только  $2^\circ 24'$ , съ 20 по 30 марта —  $1^\circ 11'$  и т. д. Впоследствии мы еще вернемся къ этимъ замѣчательнымъ фактамъ.

Изъ многочисленныхъ опредѣленій орбиты этой кометы мы воспользуемся элементами Николаи для весьма интересныхъ изслѣдованій относительно тождественности этой кометы съ появившимся раньше; но для сравненія рядомъ съ этими элементами мы приводимъ еще нѣкоторыя другія. Время прохожденія черезъ перигелий ( $T$ ) падаетъ на 27 февраля и относится къ парижскому меридиану. Въ нижеслѣдующей таблицѣ обозначаютъ:

$\pi$  — долготу перигелия,

$\varrho$  — долготу восходящаго узла,

$i$  — наклонность,

$q$  — разстояніе перигелия отъ солнца,

$e$  — эксцентриситетъ,

$u$  — время обращенія, выраженное въ годахъ.

Замѣтимъ, что для параболы эксцентриситетъ  $e$  равенъ единицѣ.

	I	II	III	IV	V
$T$	27,4266	27,4069	27,3461	27,1555	27,4170
$\pi$	$88^\circ 39,3'$	$81^\circ 44,8'$	$77^\circ 26,6'$	$62^\circ 39,7'$	$83^\circ 49,6'$
$\varrho$	1 37,9	0 6,5	357 52,1	350 8,9	1 14,9
$i$	144 23,5	144 7,3	143 39,5	141 29,4	144 19,4
$q$	0,005584	0,005710	0,006017	0,007077	0,005538
$e$	1,0	0,999817	0,999440	0,997938	0,999916
$u$	—	175	35	7	533
Выясн.	Николай	Николай	Делге и Мовэ	Блаузеит.	Губардь.

Исходя изъ параболическихъ элементовъ, вычисленныхъ Николаи и приведенныхъ въ предыдущей таблицѣ въ столбцѣ I, мы покажемъ на подробномъ примѣрѣ, какимъ образомъ поступаютъ астрономы при изслѣдованіи вопроса, представляетъ ли данная комета новое тѣло, еще ни разу раньше не наблюдавшееся, или же она уже и въ прежнія времена одинъ или даже нѣсколько разъ приближалась къ солнцу.

Необыкновенная длина хвоста и чрезвычайная слабость ядра въ сравненіи съ хвостомъ навели на мысль о сходствѣ кометы 1843 г. съ кометой 1668 года, у которой Кассини, наблюдавши ее въ Парижѣ, не могъ замѣтить ядра. Для трехъ дней, именно для 10, 14 и 19 марта 1668 года онъ нанесъ положеніе хвоста на звѣздную карту, которая приложена къ мемуарамъ Парижской Академіи за 1702 годъ. Если съ элементами кометы 1843 года вычислить ея положенія для 1668 года, при предположеніи, что въ этомъ году прохожденіе черезъ перигелий имѣло мѣсто 29 февраля въ 7 часовъ утра средняго парижскаго времени и затѣмъ нанести эти положенія на звѣздную карту, то они замѣчательно хорошо подходятъ къ наперечисленнымъ положеніямъ хвоста. Говоря также въ *Giornale de' Letterati* \*) помещено наблюденіе этой кометы, которое было произведено въ 1668 году

\*) На этомъ источникѣ астрономы обратили вниманіе благодаря стар. и картѣ, которая находилась въ рукахъ Гендерсона въ Эдинбургѣ, причемъ онъ раньше не зналъ, къ какому сочиненію она принадлежитъ. На ней дано движеніе нашей кометы, и она составила приложеніе къ статьѣ Готт. итгеса, что послѣ дѣлтыхъ изысканій было обнаружено одновременно на обсерваторіяхъ въ Вѣнѣ и въ Римѣ.

патеромъ Этаниселемъ въ Сентъ-Сальваторѣ и которое можетъ быть весьма удовлетворительно представлено элементами кометы 1843 года. Въ статьѣ Готтгилъисса, напечатанной въ томъ же журналѣ и озаглавленной: «De figuris Cometarum quæ anno 1664, 1665, 1668 apparuerunt», приведены положенія кометы 1668 г., опредѣленные этимъ резултатомъ въ Тоа въ промежутокъ времени съ 9 по 21 марта 1668 года; также и въ этомъ случаѣ съ помощью новыхъ элементовъ получается весьма хорошее согласіе наблюденныхъ и вычисленныхъ положеній кометы, такъ что тождественность обѣихъ кометъ становится не только возможной, но даже вѣроятной. Время обращенія кометы въ такомъ случаѣ должно было равняться 175 годамъ. И дѣйствительно, въ кометографии Пиннре указаны кометы, появившіяся въ слѣдующихъ годахъ: 1493, 1317, 1143, 968, 442, 268. Всѣ эти появленія могутъ быть отнесены къ одной кометѣ съ периодомъ обращенія, равнымъ приблизительно 175 годамъ, причѣмъ между 968 и 442 годами два появленія остались незамѣченными. Но такъ какъ относительно вышеупомянутыхъ появленій кометъ у насъ нѣтъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній, то съ увѣренностью мы не можемъ рѣшить, принадлежать ли дѣйствительно всѣ эти появленія одной и той кометѣ, или нѣтъ все же Николанъ сдѣлалъ попытку, нельзя ли, предположивъ, что время обращенія кометы составляетъ 175 лѣтъ, найти систему эллиптическихъ элементовъ, которые соответствовали бы наблюденіямъ и могли бы удовлетворительно представить движеніе кометы на небѣ. Онъ нашелъ, что это во всякомъ случаѣ возможно, и полученные имъ эллиптическіе элементы даны въ вышеприведенной таблицѣ въ столбцѣ II.

Богуславскій, напротивъ того, на основаніи своихъ вычисленій полагаетъ, что предшествующее появленіе кометы 1843 года имѣло мѣсто въ 1695 году. Принимая, что 24 октября 1695 г. есть день, когда указанная у Пиннре комета проходила черезъ перигелий, мы можемъ представить движеніе этой кометы съ помощью параболическихъ элементовъ кометы 1843 года такъ точно, что лучше и желать нельзя. Допуская тождественность обѣихъ этихъ кометъ, мы получаемъ для времени обращенія кометы 147<sup>1</sup>/<sub>2</sub> лѣтъ. Этому времени обращенія удовлетворяютъ большія кометы, появившіяся въ слѣдующихъ годахъ 3548, 1401, 1254, 1106, 367, 219 и 72 по лѣт. Р. Хр. и наконецъ въ 371 году до Р. Хр. Появленіе этой послѣдней кометы, описанное Аристотелемъ въ первой книгѣ его Метеорологій, и появленіе кометы 1106 года имѣли мѣсто въ то же самое время года, какъ и появленіе кометы 1843 года, и слѣдовательно, если всѣ эти появленія относятся къ одной кометѣ, то во всѣхъ трехъ случаяхъ относительное положеніе кометы и земли должно было быть одинаковымъ. И дѣйствительно, комета появившаяся во времена Аристотеля, и комета 1106 года имѣютъ такое большое сходство съ кометою 1843 года, что, повидимому, не остается почти никакого сомнѣнія относительно ихъ тождественности.

Ложье и Мовъ замѣтили, что, принимая время обращенія равнымъ 35 годамъ, также легко указать цѣлый рядъ большихъ кометъ, которыя могли бы быть отождествлены съ кометою 1843 года, и среди нихъ находится кометы 1106 и 1668 годовъ. Что касается кометы 1106 года, то названные астрономы, предположивъ, что ея прохожденіе черезъ перигелий имѣло мѣсто 3 февраля 1106 года, достаточно хорошо удовлетворили большей части ея наблюденій, произведенныхъ въ мартѣ и апрѣлѣ 1106 года, элементами кометы 1843 года о сходствѣ же кометъ 1668 и 1843 годовъ было сказано выше. Затѣмъ Ложье и Мовъ занялись вопросомъ, не противорѣчитъ ли время обращенія, равное 35 годамъ, наблюденіямъ 1843 года, и убѣдился, что нѣтъ элементовъ, найденныхъ ими, даны въ вышеприведенной таблицѣ въ столбцѣ III.

Однako этимъ изслѣдованіямъ относительно интересующей насъ кометы еще не были закончены. Клаузенъ въ Дерптѣ, а также Уокеръ и Кендалъ въ Филадельфій обратили вниманіе на то, что, принимая время обращенія равнымъ 21<sup>1</sup>/<sub>2</sub> годамъ, можно появленіе кометъ 1668, 1689 и 1843 годовъ представить какъ различныя возвращенія къ

солнцу одной и той-же кометы. Уокеръ и Кендалъ кроме того замѣтили, что  $21\frac{7}{8}$  лѣтъ, повторенная 8 разъ, составляетъ въ точности 175 лѣтъ, и, слѣдовательно, большая часть вышеупомянутыхъ кометъ также должна подойти къ новому периоду. Просматривая кометографію Шинтре, они встрѣтили не менѣе, какъ 24 кометы, которыя признали гондественными съ кометою 1843 года, и сообразно съ этимъ они считали доказаннымъ, что время обращенія кометы 1843 года составляло  $21\frac{7}{8}$  лѣтъ.

Клаузенъ сдѣлалъ еще одинъ шагъ впередъ и уменьшилъ время обращенія до семи лѣтъ, въ силу чего онъ, естественно, могъ поставить въ связь съ кометою 1843 года весьма большое число блестящихъ кометъ предшествующихъ столѣтій. При такомъ предположеніи онъ и получилъ элементы, данные въ вышеприведенной табличкѣ въ столбцѣ IV. Эти элементы вполне удовлетворительно представляли наблюденія кометы 1843 года, произведенныя въ промежутокъ времени съ 20 по 28 марта.

Изъ выше изложеннаго съ достаточною очевидностію вытекаетъ, что всѣ эти трудныя и утомительныя изслѣдованія собственно не привели ни къ какимъ надежнымъ результатамъ. При всякой попыткѣ отождествить какую-нибудь комету съ одной изъ появившихся раньше обыкновенно трудно бываетъ получить какой-нибудь положительный результатъ главнымъ образомъ потому, что въ большинствѣ случаевъ кроме замѣтки, что въ такомъ-то году появляется комета, мы не имѣемъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній о ея движеніи по небу, и даже въ томъ случаѣ, когда подобныя указанія даются, они бывають почти всегда весьма неточны, опредѣляя лишь приблизительно положеніе кометы среди нѣкоторыхъ извѣстныхъ неподвижныхъ звѣздъ. Поэтому, въ лучшемъ случаѣ, на основаніи такихъ наблюденій можно сдѣлать лишь весьма грубое и неточное опредѣленіе орбиты.

Въ случаѣ кометы 1843 года имѣло мѣсто кроме того еще другое обстоятельство, отъ котораго также зависѣла неопредѣленность въ этихъ изслѣдованіяхъ: это необыкновенно малое разстояніе перигелия отъ солнца. Изъ сравненія между собою приведенныхъ выше элементовъ ясно вытекаетъ, что при такомъ маломъ разстояніи перигелия даже при весьма короткихъ временахъ обращенія эксцентриситетъ орбиты постоянно остается весьма близкимъ къ единичъ, и слѣдовательно эллипсъ начинаетъ замѣтнымъ образомъ отличаться отъ параболы только на такихъ разстояніяхъ отъ солнца, на которыхъ комета уже совершенно недоступна для нашихъ наблюденій; поэтому всякая болѣе или менѣе значительная величина большой оси должна удовлетворить наблюденіямъ на той неболь-

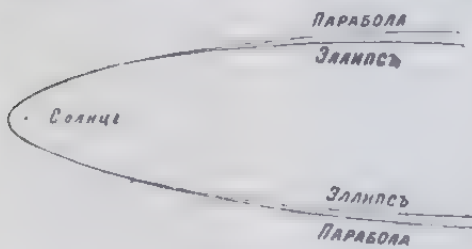


Рис. 195.

удовлетворить наблюденіямъ на той неболь-

шой части орбиты, которую комета описываетъ въ короткій промежутокъ времени, пока она доступна для нашихъ телескоповъ.

Для большей наглядности на рис. 195 представлена опредѣляемая параболическими элементами Николаи та часть орбиты, которую комета описала въ короткій промежутокъ времени, пока она была видима. Для этого рисунка масштабъ выбранъ такой, при которомъ среднее разстояніе отъ земли до солнца представлялось бы длиною въ 27 сантиметровъ. Вмѣстѣ съ этою параболою мы начертили эллипсъ, для котораго разстояніе перигелия отъ солнца такое-же, какъ и для параболы, а большая ось равна большой оси земной орбиты. Слѣдовательно такой эллипсъ комета описала бы всего только въ одинъ годъ, между тѣмъ какъ для параболы время обращенія дѣлается безконечно большимъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ рис. 195 съ полною очевидностію показываетъ намъ, какъ ничтожно, несмотря на это, различіе между обѣими орбитами вблизи перигелия. Если бы мы попыт-

лезь поверить на нашем рисунке еще вторая эллипс — большая ось которого простирается в десять раз большую ось земной орбиты, и для которого время обращения составляло бы приблизительно 32 года, то мы уже совсем не могли бы отличить этот эллипс от параболы. Таким образом мы видим, что время обращения нашей кометы не может быть определено с сколько-нибудь удовлетворительною точностью на основании наблюдений прошедших вблизи перигелия.

Впрочем, необходимо заметить, что все вышеизложенные предположения были приняты только после появления кометы, и потому вышеизложенные определения орбиты были основаны не на совокупности всех наблюдений, а только на весьма немногих — немн. числе, что само собою разумно, еще больше уменьшило и тем более весьма значительную неточность результатов. Только в 1842 году Гумбольдт предпринял новое обширное исследование движения кометы, основанное на всех наблюдениях, до сих пор были известны в то время и которые были градоны три года тому. В результате он получил элементы, которые таковы: перигелийная точка в отдалении  $U$

На основании этих элементов большая полуось орбиты нашей кометы составляет 65,7, а расстояние афелия от солнца 131 радиусов земной орбиты — это действительное расстояние в миллион, принимая нами для радиуса 194 представляется бы длиной приблизительно в 200 метров. В перигелии комета приближается к центру солнца на 82300 километров, а так как радиус солнца составляет 693300 километров, то во время прохождения кометы через перигелий расстояние ее от поверхности солнца равняется 129700 километрам или 0,3 расстояния от Луны до земли. На таком незначительном расстоянии солнце должно было усмириватьею кобыря земная наблюдательная комета под углом в  $115^\circ$ , иначе говоря, — в видт диаметра солнечного шара покрывающего почти половину видимого небесного свода, и оно должно было освещать и разрывать комету в 32600 раз сильнее, чьм освещает и разрывает землю. Удивительно ли в таком случае, что вследствие столь огромного истребления комета раскалилась до такой степени, что была видима даже шлемъ юбаши солнца, и что весьма значительная часть кометного вещества испарилась и послужила к образованию необыкновенно длинного хвоста?

В афелии же комета удаляется от солнца на 19500 мил. отот километров, и это расстояние превосходит больше чьмъ в четыре раза расстояние от Нептуна до солнца. На таком расстоянии солнце представляется сь комете только под углом в  $15^\circ$  и освещает и разрывает ее в 17300 раз слабее чьмъ нашу землю. Еще наивыше выступает значение этих чиселъ, если мы непосредственно сравним между собой силу истребления и освещения в перигелии сь такою же в афелии первая сила в 563 мил. разъ больше второй!

Не менее удивительно также различие между скоростями кометы в различных частях орбиты. В перигелии удвоенное движение кометы в течение нескольких часовъ составило 140° или почти половину окружности, такъ, что, если бы она продолжала двигаться неизменно сь той же самою удвоенною скоростью, то она въ одинъ день описала бы около солнца болше 10 круговъ. В афелии же она в течение 16 дней описываетъ такую дугу, которая сь солнца усмиривается всего только под углом в  $1^\circ$ , такъ, что в этой части своей орбиты она какъ бы стояла совершенно неподвижно в течение нескольких дней. То же самое относится и кь ее абсолютной скорости. В то время какъ земля в своемъ движении около солнца в среднемъ проходитъ 29,59 километровъ вь секунду, комета в перигелии движется со скоростью 562,22 километра, в афелии же эта скорость уменьшается до 0,021 кил. вь секунду). Когда комета 19 апреля 1843 года,

\*) Для кометы 1680 года, которая изъ всехъ 6-ти или менше хорошо известныхъ намъ кометъ одна обладаетъ такимъ же малымъ расстояниемъ перигелия отъ солнца, имьжетъ быто по-

т. е. 50 дней спустя после своего прохождения через перигелий, была в последний раз наблюдаема на мысе Доброй Надежды, ее истинная аномалия равнялась 173°, т. е. комета отстояла от афелия только на 7°, если бы расстояние перигелия от солнца было равно среднему расстоянию от земли до солнца, то в этом случае комета достигла бы той-же самой аномалии только в 332 года.

При той указанной скорости, с которой комета движется около солнца в перигелии, тем более удивительно другое обстоятельство, которое поэтому мы не можем здесь пройти молчалием.

Речь конечно о сечении, описываемом небесным телом около солнца, между прочим зависит главным образом от скорости, которую обладает это небесное тело в некоторой точке своей орбиты, причем, чтобы иметь дело с определенным случаем, мы можем выбрать за таковую точку перигелий. Если скорость движения составляет

$11,84 \frac{1}{q}$  километров, где буквой  $q$  обозначено расстояние перигелия от солнца, то небесное тело выйдет по параболѣ, если скорость превосходить эту величину, то движение произойдет по гиперболе, и наконец, если скорость меньше этой величины, то орбита есть эллиптическая кривая (часть III, § 20). В двух первых случаях небесное тело никогда более не возвращается къ солнцу, но перелетит въ неизмеримомъ мировомъ пространствѣ, и только въ послѣднемъ случаѣ оно описываетъ замкнутую орбиту. Чѣмъ меньше скорость движения, тѣмъ меньше вытянута орбита, т. е. тѣмъ болѣе приближается она къ круговой, и въ концѣ концовъ она обращается въ окружность круга. Если бы въ нашемъ случаѣ скорость движения кометы въ перигелии, равная 562,22 километрамъ, увеличилась только на 0,01 кил. или на 10 метровъ, то орбита обратилась бы въ параболическую и напротивъ того, если бы скорость сдѣлалась равной 562,15 километрамъ и, следовательно, уменьшилась бы только на 0,07 километра, то время обращения было бы равно только 29 годамъ. Этотъ фактъ самымъ краснорѣчивымъ образомъ иллюстрируетъ трудность опредѣленія времени обращения нашей кометы около солнца. Но онъ весьма поучителенъ еще и въ другомъ отношеніи. Если мы примемъ во вниманіе, что сопротивление ишей атмосферы, даже въ высочайшихъ, весьма разрѣженныхъ ея слояхъ, почти совершенно уничтожаетъ скорость влетающихъ въ нее метеоровъ, и что сопротивление среды растетъ по крайней мѣрѣ пропорціонально квадрату скорости, то какъ же мада должна быть плотность среды, вращающей пространство, даже въ непосредственной близости съ солнцемъ, если ей сопротивление не извѣстнаго замѣтнымъ образомъ даже такихъ огромныхъ скоростей? Изъ этого вывода не можетъ быть подвергнуто никакому сомнѣнію, такъ

добные же контрасты, во много еще болѣе рѣзкіе вслѣдствіе ее весьма продолжительнаго времени орбиты. По изслѣдованіямъ Фикке время обращения этой кометы составляетъ 8810 лѣтъ, и подобно съ этимъ болѣе низкое равняется 426,7, а расстояние перигелия отъ солнца 0,000222 радиуса земной орбиты. Это послѣднее разстояніе, будучи выражено въ километрахъ, составляетъ 925000. Такимъ образомъ перигелий кометы приближается къ поверхности солнца на 232000 километровъ, или приблизительно на 0,6 разстоянія отъ луны до земли; въ афелии она удаляется на 126800 миль или метровъ, или въ 28 разъ дальше, чѣмъ Пегзунъ. В перигелии солнце заматривается съ кометы подъ угломъ въ 97°, а въ афелии этотъ уголъ составляетъ лишь немного болѣе 2°, а следовательно солнцу представляется въ видѣ диска приблизительно такой же величины, какъ Пегзунъ. В перигелии солнце освѣщаетъ и нагреваетъ комету въ 25000 разъ сильнее, а въ афелии въ 182000 разъ слабѣе, чѣмъ землю; сила же нагреванія и освѣщенія въ перигелии относится къ такой же въ афелии, какъ 4700 милліонныхъ къ 1. Угловое же пространство кометы вокругъ солнца въ перигелии составляетъ 118 въ част. въ афелии же комета 1" проходитъ въ 1840 дней. Подобно съ этимъ, абсолютная скорость кометы въ перигелии равняется 562 километрамъ въ секунду, а въ афелии только 4 метрамъ, т. е. она приблизительно въ два раза меньше скорости обыкновеннаго желѣзнодорожнаго поѣзда.



какъ, согласно съ вышеизложеннымъ, орбита нашей кометы обратилась бы въ эллиптическую съ короткимъ периодомъ обращения, если бы сопротивление среды могло замедлить скорость движения кометы въ перигелии хотя бы на нѣсколько метровъ.

Этотъ результатъ представляется намъ болѣе неожиданнымъ, что комета при своемъ прохожденіи черезъ перигелий не только пронеслась черезъ болѣе плотныя части солнечной короны, но также проникла въ такія области, гдѣ нерѣдко появляются протуберанцы. Въ самомъ дѣлѣ, протуберанцы, которые возмущаются надъ солнечнымъ краемъ на 4' или круглымъ числомъ на 170000 километровъ, встрѣчаются нерѣдко, и даже 30 августа 1880 года Толлонъ наблюдалъ протуберанецъ, который пожимался на высоту 8,4 или 364000 километровъ, а 7 октября того-же года Юнгъ замѣтилъ другой протуберанецъ, который достигалъ огромной высоты, равной 13 или 563000 километровъ (§ 27). Согласно же съ вышеизложеннымъ, для кометы 1843 года разстояние перигелия отъ солнечной поверхности составляетъ только 129700 километровъ.

§ 158. **Большая южная комета 1880 года.** Послѣ того какъ было опубликовано опредѣленіе орбиты большой кометы 1843 года, выполненное Губбардомъ, никакихъ новыхъ изслѣдованій относительно этого небеснаго тѣла не предпринималось до тѣхъ поръ, пока не представился къ тому совершенно неожиданно новый случай въ 1880 году.

1 февраля, а по другимъ показаніямъ даже 31 января 1880 года во многихъ мѣстахъ въ Австраліи и въ Южной Америкѣ видѣли востокъ послѣ захода солнца длинную яркую полосу свѣта, которая представлялась выходящей изъ той точки, гдѣ только-что зашло солнце. Эта полоса проходила черезъ созвѣздія Журавля и Южной Рыбы, была нѣсколько искривлена по направленію къ южному полюсу и своей выпуклой стороной была обращена къ звѣздѣ Фомальгаутъ. 2 февраля эта полоса, которая представляла, безъ сомнѣнія, хвостъ большой кометы, была замѣчена почти повсемѣстно; но и въ этотъ день у кометы нельзя было открыть ядра. Не удалось отыскать его и на слѣдующій день, такъ что Гиль писалъ въ Европу слѣдующее: «We have a comet by the tail, but I am sorry to say, that we only have him by the tail still \*). Только Гульду 4 февраля посчастливилось увидѣть ядро, но все еще настолько близко къ горизонту, что собственно наблюдений никакихъ нельзя было сдѣлать первое наблюдѣніе онъ произвелъ лишь 5 февраля, и съ тѣхъ поръ онъ усердно слѣдилъ за кометой до 19 февраля, когда она между прочимъ сдѣлалась настолько слабой, что даже въ рефракторъ съ отверстіемъ объектива въ 281<sup>2</sup> сантиметровъ она представлялась въ видѣ едва замѣтно бѣлаго облачка. Еще болѣе короткій промежутокъ времени охватываютъ наблюденія на Мысѣ Дюрой Надежды и въ Мельбурнѣ, гдѣ вѣдѣние слабыхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ этихъ обсерваторій наблюденія пришлось прекратить соответственно уже 15 и 17 февраля.

Весьма замѣчательную особенность этой кометы составляли несообразная длина хвоста въ сравненіи съ его шириной и незначительная яркость ядра. Въ первые дни послѣ появленія кометы длина хвоста составляла 40'—45', а ширина повсюду была почти одинаковая и едва достигала 11". Ядро въ собственномъ смыслѣ этого слова не было: голова же скорѣе представлялась въ видѣ облакоподобнаго, размытаго образванія, которое казалось удлинненнымъ по направленію хвоста и яркость котораго была лишь немного больше яркости этого послѣдняго.

Наибольшей яркости хвостъ достигъ 7 и 8 февраля, когда его можно было сравнивать съ наиболее свѣтлыми частями млечнаго пути. Послѣ же этого онъ сталъ быстро блѣднѣть; все же еще 14 февраля его можно было прослѣдить, хотя и съ большимъ трудомъ, до 37° въ длину, тогда гдѣ какъ пятью днями позже, какъ было выше упомянуто, уже и ядро сдѣлалось неоступнымъ даже для большихъ телескоповъ.

\*) По хвосту это комета, во всякомъ случаѣ, должно сказать, что пока мы видимъ только одинъ хвостъ.

Какъ только первая известія объ этой кометѣ распространились въ Европѣ, поражающее сходство этого явления съ тѣмъ, что наблюдалось въ кометѣ 1843 года, навело Э. Вейса на догадку, что новая комета есть ничто иное, какъ вторичное появленіе кометы 1843 года, и это побудило его заняться изслѣдованіемъ, нельзя ли, при соответственномъ выборѣ времени прохождения черезъ перигелий, представить наблюденія новой кометы съ помощью элементовъ кометы 1843 года. Это оказалось вполнѣ возможнымъ, если принять, что комета прошла черезъ перигелий 28 января 1880 года въ 1<sup>ч</sup> 40<sup>м</sup> утра средняго Парижскаго времени. Почти одновременно съ этимъ были сдѣланы на основаніи имѣвшихся на лицо наблюденій непосредственныя опредѣленія орбиты Гульдтомъ, Ральфомъ Кошландомъ, Хилдомъ и другими, причемъ вычисленные ими элементы были очень сходны съ элементами кометы 1843 года, и такимъ образомъ, повидимому, получалось новое подтвержденіе высказаннаго выше взгляда.

Отождествленіе кометы 1843 и 1880 годовъ противорѣчило изслѣдованіямъ Губбарда, который для времени обращенія первой изъ нихъ навелъ 533 года, и замѣла этого периода 37-лѣтнимъ представлялось, повидимому, тѣмъ менѣе невозможной, что Губбардъ считалъ недопустимымъ также уменьшеніе этого периода до 175 лѣтъ. Чтобы избѣгнуть этихъ затрудненій, некоторые астрономы приняли предположеніе о сопротивленіи солнечной короны или окружающей солнце среды, и это предположеніе породило цѣлый рядъ интересныхъ изслѣдованій. Такъ, Клинкерфюсъ старался доказать, что комета, появившаяся во времена Аристотеля, въ 371 году до Р. Ар., была первымъ появленіемъ нашей кометы, и что ея параболическая прежде орбита при прохожденіи кометы черезъ солнечную корону превратилась въ эллиптическую съ временемъ обращенія въ 2039 лѣтъ. Поэтому, ея второе появленіе имѣло мѣсто въ 1668 году, причемъ о сходствѣ кометы этого года съ кометой 1843 года уже было сказано выше. Во время этого второго появленія кометы ея периодъ обращенія снова уменьшился и составилъ равнымъ 175 годамъ, такъ что въ третій разъ комета прошла черезъ перигелий въ 1843 году, когда произошло новое уменьшеніе времени обращенія до 37 лѣтъ. На основаніи этихъ данныхъ, принимая во вниманіе сопротивленіе солнечной атмосферы, новаго появленія кометы можно было ожидать черезъ 17 или 18 лѣтъ, т. е. въ 1897 или 1898 году. \* Однако и до сихъ поръ не пришлось наблюдать ни одной кометы, которая бы представляла хотя бы малѣйшее сходство съ кометами 1843 и 1880 годовъ. \* Мартъ, Хинтъ и другіе приняли приблизительно къ такимъ же результатамъ, какъ и Клинкерфюсъ. Гульдъ же, напротивъ того, думаетъ, что вѣдѣтвеніе трети кометы о поверхность солнца или по крайней мѣрѣ о болѣе плотныя части солнечной атмосферы могло призвать скорѣе увеличеніе времени обращенія: кометы 1668 и 1702 годовъ, между появленіями которыхъ протекло 34 года, онъ считаетъ тождественными съ кометами 1843 и 1880 годовъ, и въ такомъ случаѣ за этотъ промежутокъ времени периодъ обращенія увеличился съ 34 лѣтъ до 37.

Но при всѣхъ этихъ изслѣдованіяхъ не обратили вниманія на то, что наблюденія кометы 1843 года, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, за исключеніемъ одного неточнаго наблюденія, произведеннаго Кларкомъ въ день прохожденія кометы черезъ перигелий, относятся къ тому времени, когда комета уже удалена отъ орбиты Меркурія, и когда, следовательно, сопротивляющаяся среда уже давно толкнула бы орбиту въ эллиптическую съ короткимъ периодомъ обращенія. Поэтому можно было бы уже заранѣе предвидѣть, что вѣдѣтвеніе вліяніи сопротивляющейся среды вовсе не могло способствовать лучшему представленію наблюденія кометы 1843 года при ея движеніи по эллиптической орбитѣ съ 37-лѣтнимъ периодомъ обращенія, и даже элементы, вычисленные Губбардомъ гораздо раньше показали, что комета при своемъ прохожденіи черезъ перигелий вообще не испытала никакого сопротивленія. Подобныя размышленія для некоторыхъ астрономовъ послужили поводомъ тотчасъ же совершенно отбросить предположеніе о тождественности кометъ

1843 и 1880 годовъ. Однако Э. Вейсь показалъ, что изслѣдованія Губбарда никоимъ образомъ не прогнорьчатъ короткому времени обращенія кометы 1843 года въ той степени, какъ это полагали прежде, такъ какъ при такихъ малыхъ разстоянняхъ перигелія отъ солнца непримѣнимъ тотъ общепотребительный способъ, которымъ Губбардъ воспользовался также и въ этомъ частномъ случаѣ, и на основаннн котораго, исходя изъ какой-нибудь опредѣленной орбиты, вычлсляютъ ошибки для орбитъ съ другимъ временемъ обращенія по линейнымъ (дифференціальнымъ) формуламъ. Въ действительности же, чтобы въ этомъ случаѣ получить истинное понятие объ остающихся ошибкахъ наблюдений, необходимо сначала предварительное опредѣленіе орбиты подогнать къ желаемому времени обращенія, и только полученную такимъ образомъ орбиту можно улучшать черезъ сравненіе ея съ имѣющимися на лицо наблюденіями. Ниже приведены полученные такимъ образомъ элементы кометы 1843 года, рядомъ съ которыми даны для сравненія вѣроятнѣйше элементы кометы 1880 года, вычисленные В. Мейеромъ изъ всѣхъ наблюдений этой кометы при предположеннн, что время ея обращенія составляетъ 37 лѣтъ.

	1843 I.	1880 I.
Время прохожденія черезъ перигелій . . .	февр. 27,3475	явл. 27,4507
Долгота перигелія . . . . .	78° 10,6'	74° 14,0'
Долгота восходящаго узла . . . . .	358 13,3	356 18,6
Наклонность . . . . .	143 42,0	143 7,8
Разстояніе перигелія отъ солнца . . .	0,006129	0,005907
Эксцентриситетъ . . . . .	0,999447	0,999468
Время обращенія . . . . .	36,92 лѣтъ	37 лѣтъ
Вычислитель . . . . .	Вейсь	Мейеръ.

Только-что приведенные элементы кометы 1843 года представляють ея наблюденія этого года, правда, не такъ хорошо, какъ элементы, вычисленные Губбардомъ, но все же остающіяся ошибки не слишкомъ велики: если же за время прохожденія черезъ перигелій принять 27,4489 января 1880 года по среднему Парижскому времени, то эти элементы удовлетворяють наблюденіямъ 1843 года въ предѣлахъ нѣсколькихъ минутъ дуги. Необходимо замѣтить, что въ настоящее время мы знаемъ нѣсколько такихъ кометъ, которыя, не будучи тождественны другъ съ другомъ, совершаютъ движенія по весьма сходнымъ орбитамъ, но чтобы двѣ различныя кометы, прошедшия въ непосредственной близости отъ солнца всего черезъ нѣсколько десятковъ лѣтъ одна послѣ другой, описывали столь сходныя орбиты, и чтобы наблюденія одной изъ нихъ представлялись элементами другой съ точностью до нѣсколькихъ минутъ дуги, это во всякомъ случаѣ мало вѣроятно. Кромѣ того, если мы, принимая время обращенія равнымъ 36,9 годамъ, сдѣлаемъ расчеты для прошедшихъ столѣтій, то мы натолкнемся на двѣ кометы, которыя были весьма похожи на кометы 1843 и 1880 годовъ и движеніе которыхъ довольно точно представляется элементами этихъ кометъ: это кометы 1695 и 1106 годовъ, о которыхъ мы уже говорили выше. Далѣе, съ большою вѣроятностью можно сюда отнести дневное наблюденіе кометы 1 августа 1179 года, а также съ нѣкоторою, хотя уже меньшею степенью вѣроятности дневныя наблюденія кометъ 1363 и 1511 годовъ. Заключая для отличія эти послѣднія наблюденія въ скобки, мы получаемъ слѣдующую таблицу.

Число оборотовъ до 1880 г.	Время прохожденія черезъ перигелій.	Средняя продолжительность одного оборота.
21	1106 февр. 4	36,75 лѣтъ
11	1179 авг. 1	36,76 „
14	(1363 мая 27)	37,62 „
10	(1511 середина года)	36,86 „

Число оборотов до 1880 г.	Время прохождения через перигелий.	Средняя продолжитель- ность одного оборота.
5	1695 окт. 24	36,83 лѣтъ
1	1843 февр. 27	36,91 „
0	1880 янв. 7	

Точно также комета Аристеда, которая появилась въ 371 году до Р. Ар., можетъ быть отождествлена съ разсматриваемой здѣсь кометою, причемъ со времени ея появленія до 1880 года комета сдѣлала 61 оборотъ около солнца, и, следовательно, средняя продолжительность одного оборота за весь этотъ промежутокъ времени составляетъ 36,90 лѣтъ.

Но, вѣроятно, уже многимъ читателямъ пришла въ голову мысль, какимъ образомъ могло случиться, что комета 1843 года, если она действительно обладаетъ такимъ короткимъ периодомъ обращенія, несмотря на свои огромные размеры, наблюдалась такъ рѣдко и, напротивъ того, гораздо чаще оставалась незамѣченной. Довольно удовлетворительное объясненіе этого, действительно весьма замѣчательнаго факта можно было бы искать въ особенномъ расположеніи орбиты вследствие чего комета въ северномъ полушаріи земли, о которомъ имѣя въ виду старыя появленія, только и можетъ идти рѣчь, бываетъ досудна для невооруженнаго глаза лишь въ теченіе весьма короткаго времени и во вечерамъ бываетъ видима исключительно тогда, когда прохожденіе черезъ перигелий падаетъ на февраль или мартъ. Такъ какъ время обращенія кометы весьма близко къ 36 годамъ 11 мѣсяцамъ, то послѣ одного благоприятнаго для наблюденій появленія кометы она въ теченіе дѣлаетъ рядъ слѣдующихъ появленій обыкновенно близветъ незидима.

§ 159. **Большая комета 1882 года.** Эти предположенія въ теченіе некотораго времени оставались безъ дальнѣйшаго развитія, пока наконецъ въ 1882 году въ первыхъ числахъ сентября не появилась вблизи южнаго полушарія очень яркая комета, которая 18 сентября, въ день своего прохожденія черезъ перигелий, многими лицами была замѣчена невооруженнымъ глазомъ въ непосредственной близости отъ солнца, а которая въ концѣ названнаго мѣсяца, выйдя снова изъ лучей солнца, была видима также и въ северномъ полушаріи недалеко до солнечнаго восхода и послѣ большой польской кометы 1861 года развилась въ самую блестящую комету.

Но прежде чѣмъ подробно описывать въ слѣдующей главѣ замѣчательныя явленія, которыя наблюдались въ этой кометѣ, мы чѣмъ и разрывая связи съ предыдущимъ, разсмотримъ сначала движеніе этой кометы.

Уже первыя опредѣленія орбиты дали для новой кометы опять необыкновенно малое разстояніе перигелия отъ солнца, и кромѣ того другія элементы получились настолько сходными съ элементами кометы 1843 и 1880 годовъ, что многие астрономы не преминули тотчасъ же признать ее тождественной съ этими двумя, причемъ происшедшее сокращеніе периода обращенія съ 37 лѣтъ до 21½ объяснили вліяніемъ сопротивляющейся среды. Однако когда наблюдения охватили болѣе значительную дугу, то тотчасъ же оказалось, что элементы новой кометы, хотя и были сходны съ элементами кометы 1843 года, но во всякомъ случаѣ не были совершенно одинаковы съ ними: точно также очень скоро замѣтили еще другое весьма значительное различіе между этими кометами. Въ то время какъ яркость кометы 1843 и 1880 годовъ послѣ ихъ прохожденія черезъ перигелий стала необыкновенно быстро уменьшаться, и кометы въ скоромъ времени совершенно исчезли, яркость новой кометы, наоборотъ, уменьшалась настолько медленно, что еще въ началѣ 1883 года ее можно было легко наблюдать невооруженнымъ глазомъ.

Большое сходство элементовъ кометы 1882 года съ элементами кометы 1880 и 1843 годовъ въ высшей степени интересно уже потому, что оно доказываетъ существованіе бесконечнаго ряда съ необходимо малымъ разстояніемъ перигелия отъ солнца, которыя движутся вокругъ этого послѣдняго по весьма сходнымъ орбитамъ. Однако этотъ фактъ

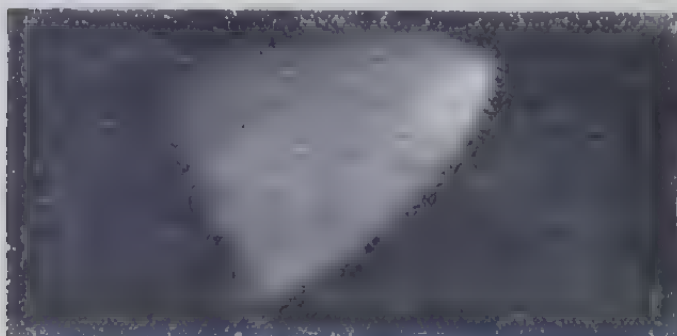
не имѣть никакого вліянія на тѣ доказательства, которыя мы приводили въ пользу тождественности кометы 1843 и 1880 годовъ, основываясь только на этихъ двухъ появленіяхъ: всѣ же тѣ разсужденія, при помощи которыхъ мы старались установить тождественность раніе появившихся кометъ съ этими двумя, почти совершенно терять свою доказательность. Въ самомъ дѣлѣ, можно заранее, не производя даже вычисленій, утверждать съ достаточною опредѣленностью, что тѣмъ грубымъ неподвижнымъ прошлымъ столѣтіемъ (напр. наблюдениемъ 1406 года), которымъ удовлетворяютъ элементы кометы 1843 и 1880 годовъ, должны удовлетворять также и элементы кометы 1882 года.

Самую замѣчательную отличительную особенность кометы 1882 года составляла ея огромная яркость, которую она обладала во время прохожденія черезъ перигелий и которую она сохранила довольно долгое время. Еще 16 сентября, т-е за день до прохожденія кометы черезъ перигелий, Гульдъ на обсерваторіи въ Кордовѣ въ некаталь рефракторы могъ слѣдить за ней въ теченіе цѣлаго дня, и въ этотъ же день ее видѣли невооруженнымъ глазомъ въ Монтевидео. Въ слѣдующіе дни, отъ 17 до 20 сентября, комета, несмотря на свою близость къ солнцу, представляла собою весьма замѣчательный небесный объектъ, и многочисленныя свѣдѣнія о ней были получены почти въ всѣхъ частяхъ земной поверхности. Такъ, между прочимъ Эллакотъ могъ слѣдить за ней 18 сентября невооруженнымъ глазомъ съ полудня до захода солнца, и въ это время она описала около солнца дугу въ 90°. Далѣе, Малла 22 сентября, когда онъ по предложенію Де-Фонвелья поднялся надъ Парижемъ на воздушномъ шарѣ выше облаковъ, видѣлъ комету невооруженнымъ глазомъ около солнца, а Милосевичъ въ Римѣ наблюдалъ ее при помощи зрительной трубы въ теченіе цѣлаго дня еще 23 сентября. Какъ велика должна была быть яркость кометы при ея прохожденіи черезъ перигелий, это лучше всего слѣдуетъ изъ того, что Гульдъ въ Кордовѣ, Тебутъ въ Винсорѣ (въ Песомъ Южномъ Уэльсѣ) и Коммелъ въ Элингъ (въ Англии) видѣли 17 сентября комету въ полѣ зрѣнія трубы одновременно съ солнцемъ, а астрономамъ Финлею и Элькину на мысѣ Доброй Надежды повезло, прослѣдить комету до самаго ея исчезновенія около солнечнаго края. Это единственное въ своемъ родѣ наблюденіе! По согласіямъ между собою показаніямъ обоимъ наблюдателямъ комета при этомъ имѣла полное сходство съ звѣздой и обладала такою-же яркостью, какъ и солнце, отъ котораго она отличалась только своимъ бѣлымъ цвѣтомъ, такъ что прикосовеніе кометы съ солнечнымъ краемъ было явнымъ подобно соприкосовенію звѣзды со свѣтлымъ краемъ луны во время покрытій и могло быть замѣчено совершенно съ такою же точностью. На солнечномъ дискѣ наблюдатели не замѣтили никакихъ слѣдовъ кометы, вслѣдствіе чего вначалѣ они подумали, что они наблюдали покрытіе кометы солнцемъ, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности, какъ это впоследствии оказалось изъ элементовъ кометы, имѣло мѣсто ея прохожденіе передъ солнечнымъ дискомъ. Выступленіе кометы съ солнечнаго диска на Мысѣ Доброй Надежды было великимъ, такъ какъ тамъ солнце въ это время уже зашло.

Приходится очень сожалѣть, что въ Ливингъ, вслѣдствіе болѣзы, которая тамъ владѣла, были задержаны двѣ телеграммы, посланныя Лиллемъ когда онъ замѣтилъ необыкновенно быстрое увеличеніе яркости кометы, въ Европу, съ цѣлю обратить вниманіе астрономовъ сѣвернаго полушарія на возможность наблюдать комету въ слѣдующіе дни при полномъ дневномъ освѣщеніи и съ цѣлю побудить ихъ этимъ слѣдить за кометой въ близкомъ со-скрѣщеніи съ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, иначе также во многихъ другихъ мѣстахъ можно было бы наблюдать прохожденіе кометы передъ солнцемъ и именно эти наблюденія имѣли бы неоцѣнимое значеніе какъ для извѣщавши относительно сопротивленія, которое комета испытала при прохожденіи черезъ солнечную корону, такъ и вообще для точнаго опредѣленія ея орбиты.

Особенно интересно прослѣдить здѣсь, какимъ образомъ измѣнялась яркость кометы

то это время она была видима. Насколько въ настоящее время известно, впервые она была замечена въ Дублинѣ и въ Арсенической речке въ первых числах сентября, вѣроятно, 3-го числа, т.-е. за 14 дней до прохожденія черезъ перигелий. Мы уже выше видели, что во время прохожденія черезъ перигелий она обладалась въ полномъ



9 октября 1882 года.



21 ноября 1882 года.



14 декабря 1882 года. 18 января 1883 года.

Рис. 196.

смыслѣ слова необычайно яркостью. Но и послѣ прохожденія черезъ перигелий, даже еще въ декабрѣ, комета производила на наблюдателей сильное впечатлѣніе, такъ какъ яркость кометы вообще уменьшалась весьма медленно и большинство наблюдателей могло слѣдить за ней невооруженнымъ глазомъ до середины февраля. Тамъ на обсерваторіи въ Кордовѣ могъ наблюдать ее невооруженнымъ глазомъ даже до 7 марта, но въ этотъ день для такихъ наблюдений она находилась уже на предѣлѣ видимости; наблюдения же при помощи зрительныхъ трубъ, конечно, можно было продолжать еще на нѣсколько дней позже. На обсерваторіи въ Кордовѣ за кометой слѣдили до 1 июня, и затѣмъ она исчезла не столько вследствие своей слабости, сколько вследствие своего низкаго положенія около горизонта. Въ это время расстояние кометы отъ земли составляло 5,05 радиусовъ земной орбиты; до такого расстоянія раньше могли прослѣдить лишь знаменитую комету 1729 года и то только вследствие необыкновенно близкаго ея приближенія къ солнцу. Изъ числа съ 7 сентября 1882 года до 14 января 1883 года въ Гамбургѣ и рѣдѣею съ 10 мая въ Мадридѣ, Парижѣ, Надеждѣ, и до послѣдней изъ этихъ мѣстъ до 11 декабря въ Кордовѣ, комета обнесла на своей орбитѣ путь, длиною въ 340. Впрочемъ въ февраль и сентябрѣ, когда комета для сѣвернаго полушарія была въ высшей степени видима, ее вѣроятно еще разъ можно было бы видѣть при помощи малыхъ рефлекторовъ, которые теперь установлены на различныхъ европейскихъ станціяхъ, но въ настоящее время это было бы совершенно бесполезно.

Немало въ сентябрѣ, октябрѣ, ноябрѣ, декабрѣ и январѣ, которыя постепенно про-

она обладалась въ полномъ смыслѣ слова необычайно яркостью. Но и послѣ прохожденія черезъ перигелий, даже еще въ декабрѣ, комета производила на наблюдателей сильное впечатлѣніе, такъ какъ яркость кометы вообще уменьшалась весьма медленно и большинство наблюдателей могло слѣдить за ней невооруженнымъ глазомъ до середины февраля. Тамъ на обсерваторіи въ Кордовѣ могъ наблюдать ее невооруженнымъ глазомъ даже до 7 марта, но въ этотъ день для такихъ наблюдений она находилась уже на предѣлѣ видимости; наблюдения же при помощи зрительныхъ трубъ, конечно, можно было продолжать еще на нѣсколько дней позже. На обсерваторіи въ Кордовѣ за кометой слѣдили до 1 июня, и затѣмъ она исчезла не столько вследствие своей слабости, сколько вследствие своего низкаго положенія около горизонта. Въ это время расстояние кометы отъ земли составляло 5,05 радиусовъ земной орбиты; до такого расстоянія раньше могли прослѣдить лишь знаменитую комету 1729 года и то только вследствие необыкновенно

исходили въ самой кометѣ. Что касается ядра, то оно какъ до прохожденія черезъ перигелий, такъ и послѣ прохожденія до 22 сентября вообще имѣло круглую форму, между 24 и 28 сентября оно мало-по-малу стало принимать веретенообразную форму, и между 30 сентября и 2 октября въ ядрѣ образовались два свѣтовыхъ узла, отдѣленныхъ весьма тонкой, болѣе темной линией, вследствие чего получалось впечатлѣнiе, какъ будто ядро раздѣлялось на двѣ части. При дальнѣйшемъ развитіи этого явленія, ядро все болѣе и болѣе удлинялось, мало-по-малу въ ядрѣ выступали новые центры сгущенія, такъ что въ концѣ октября оно имѣло видъ нити съ нависшими на нее жемчугами. вмѣстѣ съ удлиненіемъ ядра уменьшалась рѣзкость его очертаній, и вмѣстѣ съ уменьшеніемъ яркости кометы число видимыхъ свѣтовыхъ узловъ дѣлалось все меньше и меньше, и въ концѣ февраля ихъ снова было только два, но они уже не находились одинъ около другого, а отстояли другъ отъ друга, по измѣреніямъ Шмидта, на 1,5, причемъ длина всего ядра, по изслѣдованіямъ Рикко, достигала 3. Такимъ образомъ, здѣсь, повидимому, дѣйствительно произошелъ разрывъ ядра и имѣло мѣсто постоянное удаленіе отдѣльныхъ частей другъ отъ друга, и это въ концѣ концовъ должно было привести комету къ раздѣленію на два или болѣе самостоятельныхъ небесныхъ тѣлъ. Съ другой стороны проф. Петерсъ, указавъ на другое, также довольно вѣроятное объясненіе этого явленія. Имено, въ концѣ октября, когда комета для нашего полушарія стала все болѣе и болѣе приниматься изъ густого тумана, плавающего вблизи горизонта, онъ замѣтилъ въ головѣ кометы вѣерообразныя петеченія, подобныя тѣмъ, которыя имѣли мѣсто въ кометѣ Галлея, въ кометѣ



Рис. 197.

1862 III, а также въ кометѣ Донати (§ 160). Онъ полагаетъ, что у кометы 1882 года одно истеченіе исходило изъ ядра по направленію къ солнцу, а другое по направленію оси хвоста, какъ это, хотя и рѣдко, но все же уже не одинъ разъ наблюдалось у этихъ небесныхъ тѣлъ, напр., у большой кометы 1861 года, и этимъ-то онъ и объясняетъ вышеуказанное явленіе. Этому взгляду, повидимому, соответствуетъ то обстоятельство, что ось вытянутого ядра сначала почти совпадала съ продольною осью хвоста, но затѣмъ принимала все болѣе и болѣе наклонное положеніе, такъ что въ концѣ ноября, по наблюденіямъ Гебуга, обѣ эти оси составляли другъ съ другомъ уголъ въ 45°.

\* На рис. 196 изображено ядро и хвостъ кометы для четырехъ моментовъ, а именно для 9 октября и 21 ноября 1882 года и для 1 февраля и 3 марта 1883 года.\*

Также и хвостъ этой кометы представлялъ весьма замѣчательное образованіе. Во время своего наибольшаго развитія, г.-е. почти въ теченіе всего октября, хвостъ имѣлъ такой видъ, какъ будто-бы онъ состоялъ изъ трехъ различныхъ частей, что наглядно представлено на рис. 197, изображающемъ хвостъ согласно съ наблюденіями Шмидта, произведенными при помощи кометоскопика, съдовительно, при слабomъ увеличеніи. Рядомъ съ узкимъ главнымъ хвостомъ кометы находился еще другой болѣе широкий, но болѣе короткий и менѣе яркий, который, повидимому, не лежалъ въ одной плоскости съ главнымъ хвостомъ; кромѣ того, Шмидтъ, внимательно слѣдившій за всеми явленіями въ этой кометѣ, замѣтилъ еще узкую, довольно рѣзко ограниченную туманную массу зна-

чине 1100 миль, которую от себя в туманной грубѣ, такъ какъ получалось въ видѣ галіеіе, будто вся комета помещалась въ этой грубѣ.

И, вѣроятно, сравнительно кометъ три поковы грубѣ, съ большимъ увеличеніемъ, отдельныя части, изъ которыхъ комета состояла представлялась еще болѣе отчетливо, какъ это изобразено на рис. 198, на которомъ вѣдшая оболочка *Ax; B* представляется

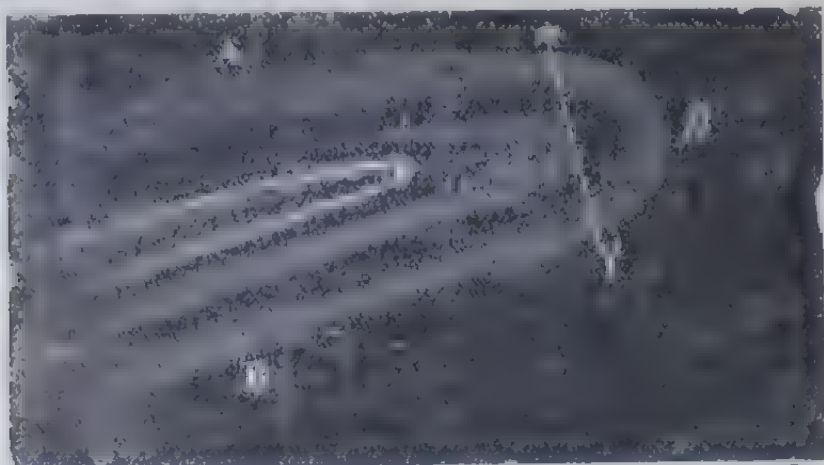


Рис. 198.

въ видѣ узкой туманной грубѣ Шмидтъ. Въ же самая явленія подобныя также *Ax; B* и пр. (та. примеч. 19 октября) при весьма благоприятныхъ атмосферическихъ условияхъ, болѣе могъ наблюдать съ кратчайшаго расстоянія 25 миль отъ *Ax; B*, вследствие чего въ этой оболочкѣ можно было наблюдать кометъ на большомъ приближеніи.

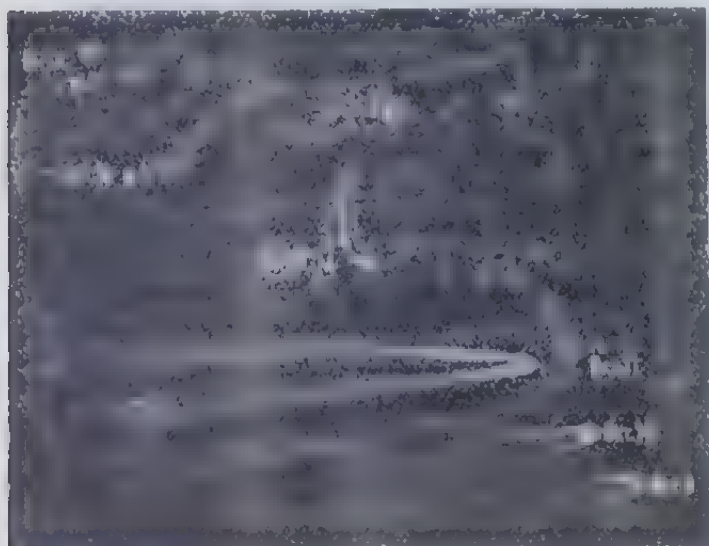


Рис. 199.

Шмидтъ въ 9 часовъ вечера около 4 часовъ утра, съ яркостью настолько значительна, что ее можно было видѣть въ небольшой кометопекатель; она находилась приблизительно въ 10 миляхъ отъ ядра кометы и имѣла видъ сѣрна овалъ, продолженіе котораго составляло  $0,8^\circ$ , причемъ въ вершинѣ сѣрна находился свѣтовой узелъ, и два галіеіе же, но только болѣе слабыя узла находились на южномъ концѣ.

Еще большаго вниманія заслуживаютъ различныя, быстро исчезающія отдельныя туманные массы, которыя многіе наблюдатели видѣли въблизи кометы. Самую замѣчательную изъ нихъ открылъ Шмидтъ въ Афинахъ въ ночь съ 9 на 10 октября, и онъ могъ наблюдать ее также въ течение слѣдующихъ двухъ ночей. Положеніе этой туманности для только что указанныхъ трехъ дней изображено на рисункѣ 199.

Въ первую ночь,



Въ слѣдующую ночь, съ 10 на 11 октября, эта туманность удалилась отъ главной кометы еще на  $1^{\circ}$ , и ея видъ совершенно измѣнился, причемъ она скорѣе была похожа на перевернутую корону съ 4 или 5 свѣтовыми узлами въ ея вершинѣ. При этомъ размеры этого образованія существеннымъ образомъ увеличались, а сама туманность вообще сдѣлалась значительно бѣднѣе.

Въ слѣдующую ночь туманность удалилась отъ головы кометы еще на  $1^{\circ}$ , сдѣлалась гораздо бѣднѣе, и видъ ея еще разъ совершенно измѣнился, причемъ она въ эту ночь была похожа на слегка искривленную дугу съ свѣтовыми узлами на концахъ и по серединѣ. Въ ночь съ 12 на 13 октября, правда при невюпитѣ чистомъ воздухѣ, Шмидтъ не могъ замѣнить никакихъ слѣдовъ этого явленія; не могъ онъ ее найти также и въ слѣдующіе дни.

Телеграмма, въ которой Шмидтъ сообщалъ о своемъ открытіи, попала въ руки астрономовъ, къ сожалѣнію, только 12 октября, такъ что это интересное образованіе кромѣ него никѣмъ въ Европѣ не наблюдалось. замѣтилъ же его еще Гартвигъ 9 октября на морѣ во время перѣзда на островъ Вахю-Бланка для наблюденія прохожденія Венеры, и его наблюденія согласуются съ наблюденіями Шмидта.

Черезъ нѣсколько дней послѣ исчезновенія этой туманности, именно 14 октября, Барнардъ опять замѣтилъ въ  $6^{\circ}$  къ юго-западу отъ кометы 6 туманностей, изъ которыхъ самая яркая имѣла въ диаметръ приблизительно  $15''$ . Во всѣхъ этихъ туманностяхъ въ центрѣ можно было замѣтить смущенія, такъ что онѣ имѣли полное сходство съ телескопическими кометами, но на слѣдующій день онѣ уже опять исчезли.

Наконецъ 21 октября Бруксъ опять замѣтилъ туманность, размеры которой достигали  $2^{\circ}$ , но на этотъ разъ туманность находилась въ  $8^{\circ}$  къ востоку отъ кометы, ему удалось видѣть эту туманность также и въ слѣдующую ночь, но яркость ея уже значительно уменьшилась.

Въ известной связи съ этими туманностями, можетъ-быть, находится яркая облака, которыя Шмидтъ замѣтилъ въ хвостѣ кометы недалеко отъ его конца, и изъ которыхъ наиболѣе яркія (M и J на рис. 197) съ 5 октября до 11 ноября выдѣлялись настолько отчетливо и ясно, что онъ могъ произвести цѣлый рядъ довольно точныхъ опредѣленій ихъ положенія. Изъ этихъ положеній Бредихинъ вывелъ, 1) что солнце дѣйствовало на эти туманные облака съ силой, которая составляетъ соответственно только 0,25 и 0,4 обыкновенной притягательной силы (силы всемирнаго тяготѣнія), 2) что эти туманные массы отдѣлились отъ кометы 18 сентября соответственно въ 8 часовъ вечера и въ 5 часовъ утра средняго Парижскаго времени, и 3) что онѣ описывали около солнца гиперболическія орбиты.

Изъ трехъ наблюденій туманности, за которой Шмидтъ слѣдилъ отъ 10 до 12 октября, многие астрономы, допуская, что три свѣтовые узла M, M, M (рис. 199) тождественны между собою, вычислили орбиты, имѣющія извѣстное сходство съ орбитой главной кометы, напр., обладающія тоже весьма малымъ разстояніемъ перигелия отъ солнца, но во всякомъ случаѣ не переизгибающіяся съ нею и даже, напротивъ того, идущія значительно къ ней не приближающіяся. Но такъ какъ связь этой туманности съ главной кометой не подлежала никакому сомнѣнію, то Целльберъ вычислилъ, при различныхъ допущеніяхъ относительно разстоянія туманности отъ земли, еще рядъ другихъ орбитъ, съ кѣмъ посмотрѣть, нельзя ли такимъ образомъ найти такую орбиту, которая бы пересѣкала орбиту главной кометы, но онъ пришелъ къ результату, что это невозможно. Это побуждало Геннергера завѣсть изслѣдованіемъ, нельзя ли прийти къ удовлетворительному результату, если сдѣлать допущеніе, что солнце дѣйствовало на туманность съ силой, отличною отъ силы всемирнаго тяготѣнія, допущеніе, которое, какъ мы ниже (§ 163) увидимъ, даетъ возможность объяснить образованіе кометныхъ хвостовъ, и которое, согласно



скомъ, до 1882 г. наблюдался постоянно одинъ и тотъ же спектръ, состоящій изъ трехъ свѣтлыхъ полосъ, размѣтыхъ съ одной стороны, и вполне тождественный со спектромъ углеводородныхъ соединений: поэтому астрономы не мало были удивлены, когда спектръ кометы Уэллеа, имѣвшій вначалѣ обыкновенный видъ кометнаго спектра, при приближеніи кометы къ перигелию совершенно измѣнилъ свой характеръ, причемъ нагревныя линии сдѣлались свѣтлыми, и вмѣстѣ съ тѣмъ спектръ, состоящій изъ полосъ сталъ ослабѣвать до полного исчезновенія, а вмѣсто него появился непрерывный спектръ. Перемѣны въ спектрѣ послѣ прохожденія кометы черезъ перигелий въ кометѣ Уэллеа не могли быть изучены, такъ какъ въ это время комета находилась слишкомъ близко къ Солнцу. Зато это вполнѣ удалось относительно вышеупомянутой кометы. Изъ сопоставленія наблюдений надъ обѣими этими кометами мы въ настоящее время знаемъ, что при сильномъ приближеніи кометы къ солнцу обыкновенный спектръ, состоящій изъ полосъ, исчезаетъ и уступаетъ мѣсто спектру, состоящему изъ свѣтлыхъ линий, среди которыхъ въ общихъ наблюденіяхъ до сихъ поръ случаямъ наиболее яркими были нагревныя линии. Послѣ прохожденія кометы черезъ перигелий этотъ спектръ постепенно снова исчезаетъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ мало-по-малу все яеѣе и яснѣе выступаетъ опять обыкновенный спектръ, состоящій изъ полосъ, пока наконецъ онъ снова не останется одинъ. Эти явленія, по изслѣдованіямъ Гассельберга и Фогеля, вполнѣ согласуются съ явленіями, которыя можно наблюдать въ Гейслеровыхъ трубкахъ, заключающихъ газы и металлы. При электрическихъ разрядахъ незначительнаго напряженія такія трубки даютъ только спектръ газовъ, въ нихъ заключающихся; если же посредствомъ болѣе сильнаго электрическаго тока или посредствомъ надрыванія заставить металлы испаряться, то появляются спектры металлическихъ паровъ, а спектры всѣхъ находящихся въ трубкѣ газовъ блѣднѣютъ, и ихъ яркость уменьшается по мѣрѣ того, какъ яркость металлическихъ спектровъ увеличивается. Поэтому спектральныя наблюденія общихъ вышеупомянутыхъ кометъ 1882 года приобретаютъ большое значеніе въ ряду тѣхъ основаній, которыя можно привести, по крайней мѣрѣ отчасти, въ пользу электрическаго происхожденія свѣтовыхъ явленій въ кометахъ. На этой причинѣ заслуживаетъ большого вниманія взгляды Боса, который полагаетъ, что значительныя измѣненія яркости, наблюдаемыя въ нѣкоторыхъ большихъ кометахъ, суть также электрическія явленія, подобныя нашимъ сѣвернымъ сияніямъ.

§ 160 **Комета Донати.** Эта комета была одной изъ красивѣйшихъ, и мы считаемъ своимъ долгомъ сдѣлать точное описаніе явленій, происходившихъ въ ней замѣтвая всѣ данныя изъ классической монографіи, составленной Бондомъ, директоромъ обсерваторіи при Гарвардскомъ Колледжѣ (въ Соед. Штатахъ).

Комета была открыта астрономомъ Донати во Флоренціи 2 іюня 1858 года около звѣзды  $\lambda$  въ созвѣздіи Большаго Лыца и въ день открытія представляла слабую, доступную лишь для большихъ телескоповъ туманность; когда же луиное освѣщеніе болѣе уменьшалось наблюденіямъ, она совершенно независимо была найдена—28 іюня Гуглемъ въ Кембриджѣ (въ Соед. Штатахъ), 29 іюня Пакхерстомъ въ Пертѣ Амбон и 1 іюля мисъ Митчелъ въ Вантуатѣ. Такъ какъ во время своего открытія комета явилась прямо на нашу землю и вѣдѣствіе этого казалось почти неподвижной на небесномъ сводѣ, то первыя опредѣленія ея орбиты оказались очень неточными, но все-же въ скоромъ времени астрономы убѣдились, что въ концѣ сентября и въ началѣ октября можно ожидать весьма значительнаго развитія кометы.

29 августа комета имѣла видъ туманной звѣзды 6-й величины и была видима невооруженнымъ глазомъ, между тѣмъ какъ при помощи трубы уже 20 августа можно было замѣтить у нея первые слѣды хвоста, который 6 сентября нѣсколько искривился, причемъ это искривленіе не лежало въ плоскости кометной орбиты.

Съ началъ сентября какъ яркость кометы, такъ и длина хвоста стали быстро уве-

появляется, и уже 12 сентября голова кометы по яркости равнялась зв. м. 2 си звездочки, а длина хвоста составила  $6^\circ$ . Так как в это время комета восходила до солнца, а заходила после него, так что ее можно было видеть как утром, так и вечером, то многие наблюдатели предположили, что комета излучает и издалека, что это были две различные кометы.

Между 29 и 30 сентября комета прошла через перигелий в расстоянии 76,5 мил. километров от центра от солнца и приблизилась к земле на 106 миллионов километров. Но так как она все еще быстро приближалась к наблюдателю, то 5 октября она показала наибольшую яркость в этой день, причем она прошла весьма близко около Арктур и по яркости была лишь немного слабее его. Хвост проходил через звезды Бетельгейзе и Мицар и в длину простирался на  $33^\circ$ , а в ширину на 5 или  $6^\circ$ . При наблюдении кометы можно было заметить с боку хвоста еще две полосы звезд, которых одна простиралась в длину на  $50^\circ$  или  $60^\circ$  и была слегка искривлена.



Рис. 200

\* На рис. 200 изображена комета Донати, как она претивилась наблюдателям 3 октября, а продолжалась при семь лет спустя после появления той-же кометы во время ее наибольшего развития.

10 октября комета находилась в наименьшем расстоянии от земли, но она в это время уже стала уменьшаться. 20 октября она скрылась под горизонтом для наблюдателей северного полушария, в южном полушарии она исчезла для невооруженного глаза в направлении сектора Микстирь же и Мыль. Цирон Нисельт с помощью телескопа мог ее видеть там до 4 марта 1859 года. Время обращения этой кометы, согласно с наблюдениями астрономов Атона и Гитта, составляет 1900 лет; по этому числу, само собой разумеется, может быть пересчитано на несколько десятков лет. Во всяком случае, уже известно, что эта комета до своего появления в 1858 году проходила через перигелий в расстоянии 76,5 мил. километров и что в то время Атона она находилась на перигелии, который отстоит от солнца на 310 радиусов земной орбиты или на 16000 мил. километров.

Переходя к другим кометам, мы должны прежде всего упомянуть о комете, которую



КОМЕТА ДОНАТИ.

ний, которая происходила в этой комете, мы должны упомянуть, что важными и наиболее интересными из них были замечены 12 сентября, когда в ядре сь первый раз показалось одно из замечательнейших истечений. Между 17 и 23 сентября стали образовываться вокруг ядра световыя оболочки, вершины которых были обращены къ солнцу и которые постепенно переходили въ хвостъ.

Начиная сь 17 сентября, въ течение некотораго времени яркая сторона хвоста была значительно ярче северной — но съ тѣмъ это различіе постепенно исчезло и къ началу октября, наоборотъ, северная сторона хвоста оказалась болѣе яркой. 20 сентября хвостъ раздѣлился на двѣ части, такъ что въ головѣ исхотили двѣ первыя по разлчпнѣ истеченія, между которыми оставилось темное, кавказообразное пространство. Этотъ каналъ оставался темнымъ и довольно резко ограниченнымъ до начала октября когда онъ началъ постепенно терять отчетливостъ своихъ очертаній, какъ будто онъ мало-по-малу наполнялся разсѣяннымъ свѣтомъ, и 11 октября его уже еле можно было замѣтить.

23 сентября, почти во время полнолунія, комета представлялась невооруженному глазу въ видѣ звѣзды первой величины съ хвостомъ длиной отъ 6' до 8'. Въ телескопъ комета имѣла по истинѣ необыкновенныи видъ: ея ядро весьма интенсивное и болѣе сконцентрированное, чѣмъ 20 сентября, въ этотъ день, т.-е. за недѣлю до прохожденія черезъ перигелий, обладало наибольшую яркостью; оно было окружено простиравшеюся на 15" свѣтлою оболочкою, вершина которой была направлена къ солнцу и вѣшнія очертанія которой были ограничены темной дугой. Вершина второй, менѣе яркой оболочки отстояла отъ ядра на 30"; ея вѣшнія очертанія также ограничивались темной дугой, которую можно было прослѣдить на протяженіи 220°, эта оболочка на восточной сторонѣ уходила въ хвостъ гораздо дальше, чѣмъ на западной.

25 сентября ядро стало выбрасывать изъ себя новую оболочку; это былъ первый наблюдавшійся случай такого эмбриональнаго развитія, впоследствии же такіе случаи наблюдались неоднократно. Темная ось хвоста состояла изъ узкой, хорошо ограниченной полосы, которая доходила до самаго ядра. Изъ этого послѣдняго исхотили два небольшихъ истеченія свѣтящейся матеріи по одному съ каждой стороны, и такимъ образомъ, ось сомнѣній матеріи переходила въ быстро увеличивавшіеся въ это время хвостъ. Вокругъ ядра и туманности, очевидно принадлежавшей къ нему, находилось сравнительно темное пространство дальѣ отъ ядра оболочки, и наконецъ на всемъ этомъ лежало какъ бы тонкое покрывало разсѣянаго свѣта. Имѣя въ виду темную ось хвоста и фонъ неба, въ кометѣ можно было насчитать 9 различныхъ отблнковъ свѣта и тѣни.

27 сентября можно было ясно замѣтить очертанія еще новой оболочки, которая по формѣ и по положенію представляла миніатюрное изображеніе послѣдней изъ прежнихъ оболочекъ и, подобно ей, занимала вѣтклонное къ оси положеніе. Кроме того подвизалъ новыи хвостъ въ видѣ длиннаго узкаго луча, выходящаго со стороны вѣтклоннаго хвоста, притомъ новыи хвостъ не былъ искривленъ, а глѣбелъ отъ солнца во время полнлунія.

28 сентября ядро оказывало дѣйствіе на фотографическую пластинку, обложка же такого дѣйствія не оказывали. Темная полоса, тянущаяся вдоль оси хвоста, занимала въ разстояніи 1' отъ ядра приблизительно  $\frac{1}{12}$  часть ширины хвоста хвоста и имѣла форму



Рис. 201.

хорошо проследить въ длину на  $1^\circ$  или даже на  $2^\circ$ . Наименьшая оболочка, имѣвшая видъ подкрута и наканувъ, почти прикасавшаяся къ ядру, отдѣляется отъ него и при продолженіи въ трубу представляла наиболее бросавшуюся въ глаза часть кометы, причемъ наибольшая яркость она достигала на вѣншемъ краѣ; это служило признакомъ, что она должна была тотчасъ же отделиться отъ центральной туманности. Вѣсьрь съ тѣмъ по общему перебору въ кометѣ можно было судить о внутреннихъ возмущеніяхъ. Второй хвостъ былъ виденъ также, какъ и наканувъ.

2 октября новой оболочки не образовалось, но ядро было необыкновенно ярко. Во внутренней оболочкѣ можно было замѣтить три темныхъ отверстія, между которыми падали свѣтлые лучи. На рис. 201 нижняя фигура представляетъ видъ кометы Донати въ этотъ день, на верхней фигурѣ изображены видъ кометы 30 сентября. Обѣ фигуры основаны на наблюденіяхъ Бонда.

5 октября, въ день своего наибольшаго блеска, комета въ телескопъ представляла совершенно необыкновенный видъ. Ядро и внутренняя оболочка были видны при полномъ

солнечномъ свѣтѣ; голову кометы черезъ 20 минутъ послѣ захода солнца можно было наблюдать невооруженнымъ глазомъ, а съ помощью трубы въ это время была видна даже вторая оболочка. Темное пятно на этой оболочкѣ увеличилось въ такой-же степени, какъ и самая оболочка. Но замѣчательно, что ядро, хотя оно и сдѣлалось ярче и интенсивнѣе, тѣмъ не менѣе уменьшилось въ диаметрѣ приблизительно на  $1,5$  (630 километровъ), и вообще въ этотъ день его размеры были наименьшіе въ течение всего периода видимости кометы. Въ этотъ день, такъ же, какъ и въ предыдущій и послѣдующій дни, второй хвостъ выступалъ опять весьма отчетливо: 4 октября онъ тянулся въ длину на  $35^\circ$ , а 5 и 6 октября приблизительно на  $55^\circ$ , и дѣйствительная длина хвоста въ эти дни составляла 53,5, 83,1 и 78,7 милліоновъ километровъ. 6 октября можно было замѣтить другой, менѣе развитой придатокъ въ



Рис. 202.

томъ мѣстѣ, гдѣ грубо измѣнялась кривизна главнаго хвоста. 8 октября появились въ хвостѣ 5 или 6 поперечныхъ полосъ шириной отъ  $0,5$  или менѣе, резко очерченныя и имѣвшія подобныя лучамъ сѣвернаго сиянія.

10 октября, когда было видно ядро, или огчасть, 5 оболочекъ, считая въ томъ числѣ и свѣтлую туманность. Хвостъ, по видимому, обладалъ наибольшею яркостью, но былъ отлѣченъ тѣмъ въ предыдущіе дни, особенно бросалось въ глаза расширеніе свѣта, когда онъ на  $20^\circ$  или  $30^\circ$  отъ хвоста, параллельными или почти расходящимися полосами прорѣзалъ темными промежутками (рис. 202). Полосы въ длину достигли  $5^\circ$ , а въ ширину  $20$  или  $30'$ , и ихъ можно было сравнить опять съ лучами, которые часто пересекаютъ дугу сѣвернаго сиянія. Эти полосы были видны еще въ теченіи 2 вечеровъ, а тѣмъ только со думно освѣщенія ихъ нельзя было болѣе наблюдать. Съ этого мо-

мента, вследствие удаления кометы отъ земли, вследствие ея быстрого приближенія къ горизонту и вследствие увеличенія дуннаго освѣщенія, яркость кометы уменьшалась такъ быстро, что уже въ первой половинѣ октября, прежде чѣмъ она сдѣлалась недоступной для наблюдателей сѣвернаго полушарія, она обратилась въ видимое небесное глыбо.

Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ явленій, которое въ этой кометѣ развилось съ такою отчетливостью, какъ до сихъ поръ этого никогда еще не наблюдали, состояло въ правильномъ образованіи оболочекъ и непрерывномъ ихъ отдаленіи отъ ядра. Въ общемъ было обнаружено семь различныхъ оболочекъ, которыя появлялись одна послѣ другой черезъ промежутки времени отъ 4 дней 16 часовъ до 8 дней 8 часовъ. Переходъ этихъ оболочекъ въ хвостъ вполнѣ объясняется развоеніемъ этого послѣдняго на двѣ вѣтви, которыя представляютъ просто продолженіе прежнихъ оболочекъ и которыя дальше отъ ядра соединяются другъ съ другомъ. Темное пространство оси хвоста, очевидно, не занято оболочками. Оболочка, прежде чѣмъ перейти въ хвостъ, нѣкоторое болѣе или менѣе продолжительное время (иногда до 18 дней) остается вблизи ядра, отсюда мы заключаемъ, что частицы вещества, входящаго въ составъ оболочки, не сразу, а лишь постепенно приобретаютъ свойство подчиняться отталкивательной силѣ солнца. Постоянство вышеупомянутыхъ свѣтлыхъ и темныхъ пятенъ въ головѣ кометы указываетъ на известную устойчивость въ распредѣленіи вещества въ оболочкахъ и противорѣчитъ предположенію о вращеніи этихъ послѣднихъ. Отсюда точно также слѣдуетъ, что въ кометѣ Донати не было колебаній, подобныхъ тѣмъ, которыя Бессель замѣтилъ въ кометѣ Галлея, а другіе наблюдатели въ кометахъ 1844 III, 1853 III и т. д.

Чтобы дать понятіе читателямъ о послѣдствіяхъ движенія оболочекъ послѣ ихъ образованія, въ нижеслѣдующей таблицѣ приложены разстоянія ихъ вершинъ отъ ядра *n*, считая эти разстоянія по линіи, соединяющей ядро съ солнцемъ. Въ этой таблицѣ буквами *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* обозначены вершины оболочекъ, которыя впервые были замѣчены соответственно 20, 23, 27 сентября 4, 9 и 15 октября; седьмая же оболочка выдѣлилась изъ ядра только 20 октября, и потому относительно нея нѣтъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній.

Разстоянія въ километрахъ.

		<i>n-a</i>	<i>n-b</i>	<i>n-c</i>	<i>n-d</i>	<i>n-e</i>	<i>n-f</i>
Сентября	23 . . .	20 500*	10 100	—	—	—	—
»	24 . . .	21 100	9 100	—	—	—	—
»	25 . . .	28 300*	14 200	—	—	—	—
»	27 . . .	—	13 200	5 500	—	—	—
»	29 . . .	—	16 500	9 400	—	—	—
Октября	2 . . .	—	20 800	11 800	—	—	—
»	4 . . .	—	—	14 000	4 800	—	—
»	5 . . .	—	22 300	15 100	6 600	—	—
»	6 . . .	—	—	15 900	6 700	—	—
»	8 . . .	—	—	19 500	11 300	—	—
»	9 . . .	—	—	20 800	13 600	3 000	—
»	10 . . .	—	—	22 200	13 800	4 300	—
»	11 . . .	—	—	—	16 000*	6 600*	—
»	15 . . .	—	—	—	17 900*	12 800	5 050
»	18 . . .	—	—	—	22 800*	15 700	6 900
»	19 . . .	—	—	—	—	17 600	8 700

Звѣздочка, поставленная рядомъ съ числомъ, означаетъ, что это число заслуживаетъ меньшаго довѣрія сравнительно съ остальными.



Яркость и размеры ядра несколько раз подвергались колебаниям и замечательно, что эти колебания находились в тесной связи съ видоизмененною оболочкою. Увеличение яркости ядра всегда являлось предвѣстникомъ новаго изверженія изъ ядра, такъ какъ до изверженія оно всегда дѣлалось болѣе яркимъ, а послѣ изверженія ослабѣло.

Но яркости и интенсивности съ кометою Донаги могутъ сравниться лишь весьма немногя кометы. Но несмотря на это, ея ядро никогда не было резко ограничено, какъ это мы замѣчаемъ, напр., у планеты Юпитера, и это между прочимъ доказываетъ тѣмъ обстоятельствомъ, что диаметръ ядра въ слабѣея грубы всегда казался болѣе, чѣмъ въ сильныя телескопы, и что во время сумерекъ оно часто уменьшалось, по крайней мѣрѣ до половины своей величины. Вѣдствие этого, а также вѣдствие неоднократно наблюдавшихся измѣненій въ размерахъ ядра, оно не можетъ быть твердымъ тѣломъ, подобнымъ планетѣ, но представляетъ собою только ступенчатую свѣтовую матерію, которая во всякомъ случаѣ должна обладать довольно значительною плотностію, такъ какъ безъ всякаго сомнѣнія, вещество для туманныхъ оболочекъ и для хвоста во время каждаго появленія кометы доставляется именно ядромъ. Поэтому, вмѣсто того, чтобы удерживать за кометою названіе «des corps visibles», которое имѣетъ у насъ Бабинне, нѣтъ слѣдовало бы скорее назвать «des réalités invisibles».

Диаметръ «являющагося» окружающаго ядро кометы Донаги, былъ необыкновенно малъ, крайнимъ числомъ не болѣе 150000 километровъ, между тѣмъ какъ, напр., у кометы 1811 года диаметръ туманности, окружающей ея ядро, былъ болѣе миліонъ километровъ, что приблизительно въ семь разъ болѣе только-что названнаго числа.

Понятіе о фигурѣ и размерахъ главнаго хвоста этой кометы, приведенныя въ нижеслѣдующей табличкѣ, въ которой весьма значительны неуровненности въ измѣненіи этихъ чиселъ, должны быть приняты съ большою осторожностію въ некоторые мѣста, оказывающія весьма странныя видѣнія на результаты. Длина хвоста дана въ тридцатыхъ и въ миліонныхъ километрахъ, но при этомъ не принята во вниманіе ея кривизна.

1858 г.	Длина хвоста.	Шарниа хвоста въ концѣ	1858 г.	Длина хвоста	Шарниа хвоста въ концѣ.
авг. 29	2 <sup>0</sup> = 22,3 милл. вил.	—	сент. 30	22 <sup>0</sup> = 41,0 милл. вил.	4,5 <sup>0</sup>
сент. 8 и 9	4 = 25,2 „ „	—	окт. 2	25 = 42,3 „ „	8,2
„ 12	6 = 29,7 „ „	—	„ 5	35 = 51,9 „ „	8,2
„ 17	4 = 15,6 „ „	—	„ 6	50 = 70,5 „ „	—
„ 23	7 = 18,5 „ „	—	„ 8	50 = 67,5 „ „	11,1
„ 24	7 = 18,5 „ „	—	„ 10	60 = 80,2 „ „	15,6
„ 25	11 = 26,7 „ „	2 1/2	„ 12	45 = 61,6 „ „	—
„ 27	13 = 28,2 „ „	—	„ 15	15 = 22,3 „ „	—
„ 28	19 = 40,8 „ „	—			

Нѣтъ сомнѣній въ виду, что 17, 23 и 24 сентября и 15 октября наблюденіямъ мѣнилось дѣло, чѣмъ и объясняется уменьшеніе длины хвоста въ промежутки съ 12 до 17 сентября и съ 12 до 15 октября, хотя въ этомъ послѣднемъ случаѣ, по всей вероятности имѣло мѣсто вмѣстѣ съ тѣмъ и значительное уменьшеніе яркости кометы. Намъ извѣстны Вишневскіе и Паче слѣдуетъ, что «перешеекъ» хвоста, перпендикулярное къ его оси, имѣло ядро представляло обручъ юрта, изъ болѣе же значительныхъ разстояній оно было овальнаго криваго, наибольшій диаметръ которыхъ лежалъ, по всей вероятности, въ плоскости орбиты кометы. Но согласно съ вышесказаннымъ особеннаго вниманія заслуживаетъ ясно выраженное въ октябрѣ стремленіе хвоста къ раздѣленію въ отдѣльныя части, въ каждой изъ этихъ послѣднихъ стремленіе къ существенно во-

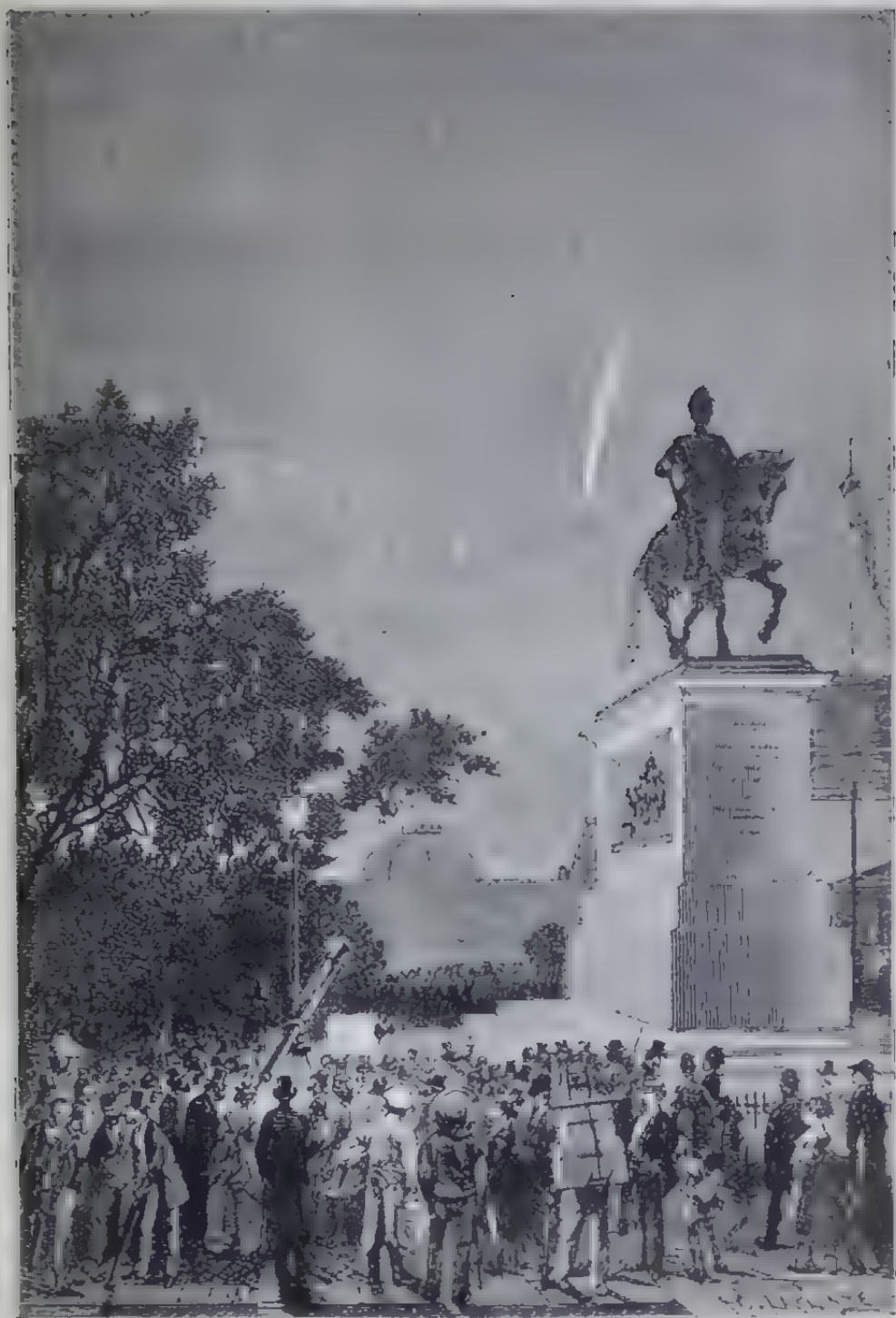
кругъ оси. Это разреѣшеніе матеріи вокругъ осей, а не вокругъ центра, а также разохожденіе осей, дѣйствительно являются въ высшей степени замѣчательными фактами.

Весьма важныя, побочные хвосты съ такою же определенностью наблюдались только у кометы 1807 года, но ихъ можно было видѣть, хотя и менѣе отчетливо, также у кометъ 1577, 1680, 1811 I, 1843 I, 1845 III и др.

Хотя комета Донати по величинѣ была меньше многихъ другихъ, однако почти ни одна изъ кометъ не можетъ съ ней сравниться по красотѣ и великолѣпью. Раннее открытіе кометы сдѣлало возможнымъ предсказать блестящаго ея развитія, прохожденіе кометы черезъ перигелии пришлось на благоприятное время года, когда можно было рассчитывать на ясную погоду, благодаря благоприятному положенію кометы въ послѣднее время можно было наблюдать хвостъ и его искривленіе по всей его длинѣ; луна, къ счастью, не свѣтила въ началѣ чистыхъ октябрі. При полнолуніи размеры кометы сократились бы, можетъ быть, на двѣ трети, и яркость кометы сильно уменьшилась бы; побочные хвосты и чередующіяся другъ съ другомъ свѣтлыя и темныя полосы, которыхъ раньше кажется, еще никогда не наблюдали, при луномъ освѣщеніи исчезли бы, и черезъ это все явленіе потеряло бы значительную часть своей красоты, и не представляло бы такого интереса.

§ 161. **Большая комета 1861 года.** Вторая комета 1861 года, вѣроятно, еще памятна большей части нашихъ читателей. Впечатленіе, вообще произведенное прекраснымъ зрѣлищемъ, въ Европѣ было значительно увеличено, благодаря виртуальному появленію блестящаго небеснаго тела. Въ южномъ полушаріи первыми замѣтили комету, кажется, Теббугъ 13 мая въ Сидней (въ Новомъ Южномъ Валлисѣ), тогда она была видима невооруженнымъ глазомъ. 7 июня обращенныя къ ней хвостъ въ длину простирался на 30°, 8 июня ядро по яркости равнялось звѣздѣ 4-ой величины и могло быть видимо безъ помощи трубы еще за 40 минутъ до восхода солнца. 24 июня ядро уже сравнялось со звѣздой 1-ой величины, и длина хвоста составляла 40°. Но рѣш эти свѣдѣнія о кометѣ дошли до Европы уже только послѣ того, какъ комета, вследствие весьма быстраго движенія ядра къ сѣверу и вследствие быстраго поворота хвоста въ томъ же направленіи, 30 июня внезапно поднялась надъ горизонтомъ обсерваторій, лежавшихъ въ сѣверномъ полушаріи, и вечеромъ тотчасъ послѣ захода солнца, явилась переть глазами удивленныхъ наблюдателей — сразу во всемъ своемъ великолѣпій.

Благодаря вычисленіямъ доказали, что еще 29 июня въ нашихъ широтахъ ядро и было видимо, но что можно было видѣть только часть хвоста, и то только въ вѣдѣ нѣсколькихъ часовъ въ видѣ слабаго сіянія, и, повидимому, Гольдшмидтъ въ Парижѣ дѣйствительно удалось замѣтить хвостъ именно въ этотъ день. 30 июня въ Аншахъ голова кометы представлялась величиною съ луну, хвостъ простирался въ длину на 120° и обрасивалъ тѣнь. Нѣсколько видимости хвоста обусловливается различнаго рода ободолгательствами, это, напримѣръ, слѣдуетъ изъ того, что Гольдшмидтъ въ тотъ же вечеръ могъ прослѣдить его только на разстояніи 35°. 1 июля комета въ Аншахъ была наблюдаема еще послѣ восхода солнца. Первыя вечернія наблюденія позволили сдѣлать наблюденіе въ Вѣнѣ, было 2 июля. При наблюдѣ невооруженнымъ глазомъ ядро въ этотъ день въ 11 часовъ превосходило рѣш звѣзды первой величины, но диаметръ ядра, даже если оно разсматривалось въ трубѣ съ сильнымъ увеличеніемъ, достигалъ всего нѣсколькихъ секундъ. Наибольшее проявленіе ядра и хвоста вмѣстѣ составляло приблизительно одинъ градусъ. Оси хвоста представлялась въ видѣ рѣзко очерченной темной линіи истеченія изъ головы кометы, которая, быстро минувшись, образовала двѣ вѣтви хвоста, зарождалась въ точкѣ находившейся не на продолженіи оси, а значительно къ востоку отъ нея. Западная вѣтвь хвоста, въ которой рѣзко бросалась въ глаза яркая дуга, немѣстная, повидимому, непосредственно связана съ ядромъ была развита гораздо больше, чѣмъ восточная. Вся туманная масса, сгруппованная вокругъ, отличалась удивительно не-



КОМЕТА КОДЖІА.

равномерностью распределения материи в ней, так что светлыми и темными части всюду были перемешаны между собою. Хвост простирался в длину на  $67^\circ$ . Ширина хвоста составляла лишь несколько градусов и оставалась почти на всей длине приблизительно одинаковой, только вблизи ядра, на расстоянии, не превышающем  $25^\circ$ , на восточной стороне замечалось расширение с размытыми очертаниями, между тем как западный край по всей длине хвоста был резко ограничен. В начале хвоста можно было заметить слабые загибы к востоку, которые явше всего обнаруживались в вышеупомянутом расширении. В следующие дни впервоеобразное вначале распределение материи вокруг ядра все больше и больше теряло свой прежний характер. Светлая дуга, наблюдавшаяся 2 июля, почти совершенно исчезла, резко ограниченная прежде темная линия в середине хвоста так сказать расплылась в окружающей ее светлой туманности. Подобным же образом и другие подробности мало-по-малу делались все меньше и меньше доступными для наблюдений. Но еще 12 июля можно было заметить в голове кометы впервоеобразное очертание, скорее похожее на перпендикулярное сечение шанки гриба, и, впрочем, при помощи более сильного телескопа было возможно изследование подробностей. Голова в общем наблюдалась одинадцать оболочек, которые образовывались через два или три дня одна после другой. Изечение материи вблизи головы кометы было гораздо отчетливее, чем в большой комете Донати, и в их положении нельзя было заметить никаких колебаний. Весьма замечательны были различия подробности, которые можно было рассмотреть в хвосте при совершенно ясном небе. Впервые 4 июля вполночь явено замечали, что расширение хвоста в первой его трети считая от ядра, принадлежит второму хвосту, который, будучи сильно искривлен влево, для невооруженного глаза проектировался на термометр, больше длинный и прямой хвост. Там, где правый край прямого хвоста перескакал с краем кривого, образовался кажущийся изгиб общего контура, и при поверхностном разсмотрении хвост казался из этого места возмущаем; только в Виль и в Риме удалось тотчас же дать истинное объяснение этого явления. На другой, левой стороне больше длинного хвоста можно было очень хорошо различить темный фон неба между обоими хвостами. 4 июля прямой хвост в длину простирался на  $82^\circ$ , а кривой на  $30^\circ$ , причем ширина этого последнего составляла  $8'$ . 5 июля длина прямого хвоста уменьшалась до  $63^\circ$ , а длина кривого оставалась по-прежнему равною  $30^\circ$ . 6 июля длина прямого хвоста составляла  $59^\circ$ , кривой же сохранил приблизительно прежнюю величину, но только стбался меньше прямым. 12 июля прямой хвост в длину имел  $30^\circ$ , а в ширину  $4'$  длина же кривого уменьшилась до  $21^\circ$ . 13 июля длина первого хвоста составляла  $27^\circ$ , а второй стбался весьма большим, но в общем не изменил своих очертаний. 15 июля длина прямого хвоста уменьшилась до  $18^\circ$ , кривой хвост в этот день можно было заметить еще довольно хорошо. Но после этого уже луна стала мешать наблюдениям этого слабого объекта. 29 июля, когда луна перестала мешать, наблюдателям представился простой хвост, который в длину имел  $2^\circ$ , а в ширину  $40'$ , но и теперь верхняя граница хвоста была больше резко очерчена, чем нижняя. После этого комета стбалась недостаточной для невооруженного глаза, но при помощи сильных телескопов ее можно было видеть даже еще в следующую весну, правда, в вид весьма слабой туманности.

Уже 6 июля Мурманъ, ассистентъ Вильской обсерватории на основании немногих спектроскопических наблюдений, которые в то время были известны, предпринялъ опредѣленіе орбиты кометы и нашелъ, что она принадлежитъ къ числу непоявившихся раньше, и что въ то время, когда она у насъ была невидима, она должна была представлять блестящую картину для южного полушарія, и мы уже изъ предыдущаго знаемъ, что это въ скоромъ времени подтвердилось. День ввѣданнаго появленія кометы въ Европѣ, именно 30 іюня, былъ вмѣстѣ съ тѣмъ днемъ ее наибольшей яркости: въ это время она отстояла

отъ земли на 15 миллионъ километровъ. Съ этого времени она стала удаляться не только отъ солнца, отъ котораго она удалялась уже съ 11 июня, но также и отъ земли. Ея внезапное появленіе на нашемъ ночномъ небѣ объясняется почти перпендикулярнымъ положеніемъ плоскости ея орбиты относительно плоскости эклиптики. Въ ночь съ 28 на 29 июня комета находилась приблизительно между солнцемъ и землею, но съ земли она все-таки усматривалась въ нѣсколькихъ градусахъ къ западу отъ солнца, такъ что прохожденіе кометы среди солнечнаго диска, о которомъ въ данномъ случаѣ мечтали нѣкоторые астрономы, въ дѣйствительности не имѣло мѣста. 30 июня Теббутъ въ Сидней наблюдалъ замѣчательное расширеніе вѣтвей хвоста. 2 іюля истинная длина хвоста составляла 35 миллионъ километровъ, и слѣдовательно хвостъ этой кометы былъ приблизительно въ два раза меньше хвоста кометы Донати, несмотря на то, что хвостъ этой послѣдней кометы усматривали только подъ угломъ въ  $60^\circ$ . Это обстоятельство объясняется различными разстояніями кометъ отъ земли: въ то время какъ комета Донати никогда не подходила къ землѣ ближе, чѣмъ на 79 миллионъ километровъ, разстояніе кометы 1861 г. еще 2 іюля составляло только 2 миллиона. Диаметръ поперечнаго сѣченія хвоста въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ во время прохожденія кометы черезъ плоскость эклиптики пересѣкалъ земную орбиту, равнялся  $8\frac{1}{2}$  миллионамъ километровъ; но такъ какъ въ это время земля находилась на разстояніи 49 миллионъ кило-

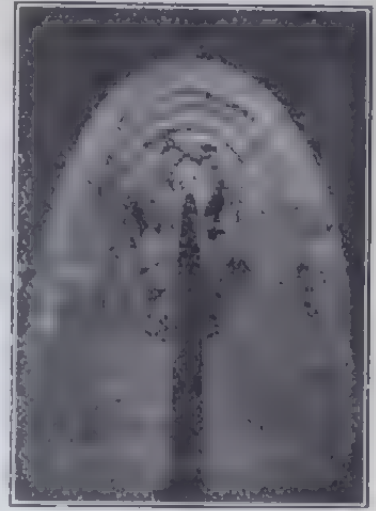


Рис. 203.

метровъ отъ того мѣста своей орбиты, въ которомъ хвостъ ее пересѣкалъ, то возлупеніе земли въ главный хвостъ было невозможно, но зато явилась доступимой встрѣча земли со вторымъ, кривымъ хвостомъ. Такъ какъ одлика размѣровъ такихъ небесныхъ тѣлъ представляеть значительныя трудности, и такъ какъ кометы мы можемъ представить себѣ, какъ было уже выше упомянуто, въ видѣ собранія отдѣльныхъ маленькихъ тѣлецъ, то нельзя считать неправдоподобной догадку, что особенное освѣщеніе вечерняго неба, замѣченное 29 іюня Хиндомъ и другими, а также сравнительно большое число падающихъ звѣздъ (глава XIV), наблюдавшееся въ тотъ вечеръ Элжері, Вейсомъ и другими, находилось въ извѣстной связи съ кометою; дѣйствительную встрѣчу земли съ кометою едва ли бы мы могли почувствовать какимъ-нибудь другимъ образомъ.

§ 162. **Комета Коджіа.** Въ заключеніе этого описанія отдѣльныхъ кометъ скажемъ еще нѣсколько словъ о кометѣ, открытой 17 апрѣля 1874 года астрономомъ Коджіа въ Марсели. Съ середины іюня эта комета была видима невооруженнымъ глазомъ, и хотя во время своего появленія въ сѣверномъ полушаріи она не достигла пика развитія, тѣмъ не менѣе въ сѣвернѣйшій полъ въ Европѣ наблюдали у нея хвостъ, длина котораго составляла  $45^\circ$ , что соответствуетъ дѣйствительному протяженію до краиней мѣрѣ въ 45 миллионъ километровъ. Истинное вѣроятное распредѣленіе матеріи съ головѣ кометы выступало весьма обильно, но вромѣ оболочекъ, концентрическихъ съ ядромъ въ этой кометѣ наблюдались еще болѣе

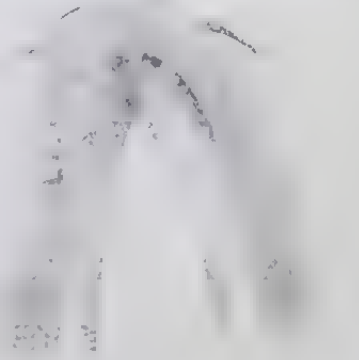


Рис. 204.

свѣтлые сегменты, которые имѣли видъ ушей, приставленныхъ къ головѣ. Въместо подробныхъ описаній мы даемъ здѣсь два рисунка, изъ которыхъ одинъ (рис. 203) изображаетъ комету по наблюдениямъ Бонда 13 июля, а другой (рис. 204) — по наблюдениямъ Шауммера 14 июля.

Хвостъ можно было видѣть еще некоторое время послѣ исчезновенія ядра надъ горизонтомъ, но въ концѣ концовъ въ нашихъ широтахъ при наступленіи ночи былъ видѣнъ только конецъ хвоста. Въ это время Виллсонъ и Слоброкъ въ Англии наблюдали интересное явленіе, которое во всякомъ случаѣ заслуживаетъ вниманія. Рано утромъ 22 июля они замѣтили въ сѣверной части горизонта въ томъ мѣстѣ, гдѣ долженъ былъ находиться конецъ кометнаго хвоста, замѣчательно свѣтлую и рѣзко ограниченную, довольно обширную площадку неба между Кассіопеей и Большой Медвѣдицей, имѣвшую форму рыбіята хвоста и нѣсколько выше раздѣляющуюся на двѣ несимметричныхъ вѣтви. Эта свѣтлая часть проецировалась изъ свѣщеннаго сегмента дѣлины ночного неба около горизонта, и весь вопросъ состоялъ въ томъ, не было ли это свѣще частью кометнаго хвоста, къ которому земля подошла настолько близко, что онъ по необходимости долженъ

былъ принять огромные видимые размѣры. Судя по длинѣ, которую хвостъ имѣлъ 15 июля, когда комета еще всецѣло была видима въ Европѣ, и принимая во вниманіе, что 22 июля хвостъ приблизительно совпадалъ съ направленіемъ на землю, мы можемъ считать эту догадку до нѣкоторой степени вѣроятной.

§ 162, а. **Фотографированіе кометы.** Въ послѣдніе годы къ изученію кометныхъ формъ была примѣнена небесная фотографія. Правда, съ тѣхъ поръ, какъ услугами фотографіи астрономы стали пользоваться въ весьма широкихъ предѣлахъ, не представилось ни одного случая сфотографировать большую, развившуюся до пыльныхъ формъ комету. Но тѣмъ не менѣе полученные до сихъ поръ фотограммы



Рис. 203

небольшихъ кометъ ясно показали преимущество фотографическаго способа наблюденія этихъ небесныхъ тѣлъ передъ обыкновенными. Первый увеличенный снимокъ кометы былъ сдѣланъ въ 1881 году, когда Дрекертъ въ Нью-Йоркѣ сфотографировалъ комету 1881 III, открытую Гейбуломъ. При экваторици въ 2 часа и 42 минуты онъ получилъ негативъ, на которомъ можно было ясно видѣть ядро, хвостъ длиною въ 10" и большое количество слѣдовъ мелкихъ звѣздъ. Систематическое пользованіе фотографическою камерой съ цѣлю изученія явленій, происходящихъ въ кометахъ началось съ 1892 года. 6 марта 1892 года Стефтомъ въ Рочестерѣ въ Соед. Штатахъ была открыта комета, которая 14 концѣ марта достигла такой яркости, что была замѣчена и вооруженнымъ глазомъ. Эта комета, получившая названіе кометы 1892 I, была сфотографирована Барнардомъ на Ликской обсерваторіи (рис. 205). 12 октября 1892 г. Барнартъ, фотографируя часть неба около созвѣздія Орла, открылъ новую комету, которая была настолько слаба, что если бы въ этомъ случаѣ не была примѣнена фотографія, то она навсегда осталась бы для насъ неизвѣстной. 1892-й годъ былъ вообще очень богатъ открытіями кометъ. Комета, найденная Бруксомъ 28 августа этого года, была сфотографирована Архенгольдомъ, копійки 30 ноября сдѣлалъ съ нея 3 снимка при экваторици по 30 минутъ. Изъ этихъ



Комета Гордама, по фотографии, снятой на Ликской обсерватории.

снимковъ оказалось, что хвостъ кометы, видимая длина котораго при наблюдении въ кометовекатель достигала только  $1\frac{1}{2}''$ , на фотографической пластинкѣ простирается въ длину на  $5''$ . 8 ноября 1892 года Барнардъ сфотографировалъ комету Хольмеса, о которой мы уже говорили раньше (§ 156). Рис. 206 представляетъ эту фотографію: на верху въ лѣвомъ углу, находится овальная туманность въ созвездіи Андромеды, а въ средней части рисунка, недалеко отъ праваго края — комета Хольмеса, которая имѣла форму шара.

Комета, открытая Бруксомъ 16 октября 1893 года, была сфотографирована Барнардомъ нѣсколько разъ, но наибольшаго интереса заслуживаетъ фотографія, полученная 21 октября (рис. 207). Въ этотъ день хвостъ былъ искривленъ и въ одномъ мѣстѣ даже какъ бы сломанъ такъ что можно было думать, что комета имѣла столкновение съ метеорнымъ потокомъ.

Цѣлый рядъ снимковъ былъ полученъ въ 1893 году на Ликской обсерваторіи съ кометы Рордама. Одинъ изъ этихъ снимковъ представленъ на приложенной при семъ таблицѣ. При этомъ кетати замѣтимъ, что при фотографированіи кометы часовой механизмъ, приводящій въ движеніе тотъ инструментъ, при помощи котораго производится фотографированіе, регулируется по движению самой кометы. Но въ виду того, что комета замираетъ среди неподвижныхъ звѣздъ, инструментъ уже не можетъ слѣдить за движениемъ этихъ послѣднихъ, и потому изображенія звѣздъ получаются на фотографической пластинкѣ не въ видѣ точекъ или кружечковъ, а въ видѣ небольшихъ черточекъ. Чѣмъ больше время экспозиціи, тѣмъ длиннѣе эти черточки, кромѣ того направленіемъ этихъ черточекъ указывается направленіе движенія кометы.

Комета Рордама фотографировалась 11, 12, 13, 14, 15, 16 и 18 іюля между 9 и  $10\frac{1}{2}$  часами вечера. Уже на первой изъ этихъ фотографій ясно обнаружилось раздѣленіе хвоста на четыре вѣтви, которыя выходили непосредственно изъ ядра; видимая длина хвоста достигла  $6''$ . На основаніи всѣхъ этихъ фотографій можно было судить о тѣхъ видоизмѣненіяхъ, которымъ подвергалась комета изо дня въ день. Снимокъ, сдѣланный 13 іюля, имѣлъ большое сходство съ снимкомъ кометы Свифта, представленнымъ на рис. 205. На снимкѣ 15 іюля ясно были замѣтны искривленія хвоста.

30 ноября 1894 года была открыта фотографическимъ путемъ весьма слабая комета Энке, положеніе которой на небѣ для этого соявленія было предвычислено Баклуидомъ.

Примѣненіе фотографій къ изученію кометныхъ формъ показало, что ядро, «светлая» и хвостъ, словомъ — всѣ составныя части кометы подвергаются гораздо большимъ измѣне-

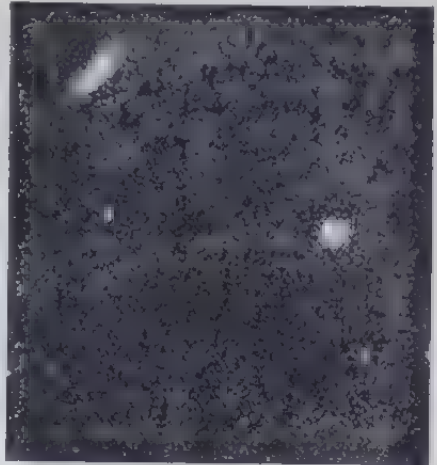


Рис. 206.



Рис. 207.



нимъ, чѣмъ это познано раньше, когда довольствовались обыкновенными, такъ называемыми визуальными наблюдениями. Кромѣ того, фотографии всегда въ точности воспроизводятъ то, что происходитъ въ кометѣ, между тѣмъ какъ рисунки, дѣлаемые отъ руки, всегда носятъ на себѣ значительную долю субъективности. Наконецъ при большомъ времени экспозиции могутъ быть сфотографированы такія кометы, которыя по своей слабости не могутъ быть наблюдаемы обыкновеннымъ способомъ.

Въ заключение еще необходимо упомянуть о слѣдующемъ весьма замѣчательномъ наблюдении. Въ ебрѣ, послѣдую фотографическую пластинку, полученную въ Чили во время экспедиции, предпринятой Ликеевой обсерваторией съ цѣлью наблюденья полного солнечнаго затмения 16 апрѣля 1893 года, нашли комету среди корональных лучей. Эта комета послѣ того была найдена также на фотографическихъ пластинкахъ, полученныхъ англичанами въ Африкѣ. Изъ сравненія американскихъ снимковъ съ английскими оказалось, что суточное движеніе кометы при прохожденіи ея черезъ перигелий составляетъ  $3^{\circ} 4'$ .

§ 163 **Природа кометъ.** Изъ всего сказаннаго до сихъ поръ относительно кометныхъ формъ ясно, что въ этой области есть много загадочнаго, и мы сдѣлали едва только первые шаги въ дѣль познанія явленій, происходящихъ въ кометахъ. Но, несмотря на это, никогда не было недостатка въ попыткахъ объясненія происхожденія кометъ, и мы приведемъ здѣсь нѣкоторыя изъ попытокъ, относящихся къ древнимъ временамъ.

Аристотель считалъ кометы за испаренія, которыя поднимаются изъ нашей земли въ воздухъ, нѣкоторое время держатся въ немъ и затѣмъ снова исчезаютъ. Въ средніе вѣка этотъ взглядъ былъ нѣсколько видоизмѣненъ, и въ кометы смотрѣли какъ на дурные туманы, которые собираются въ мировомъ пространствѣ и затѣмъ притягиваются солнцемъ, послѣ чего они, какъ бы вскипяченные въ котлѣ, ошпаиваются и блестятъ изъ вѣбѣ, какъ планеты. Клодъй Комирусъ, напротивъ того, полагалъ, что мѣсто прохожденія кометъ — это солнце, съ которымъ онѣ поднимаются въ высоту, подобно маленькимъ пузырямъ, и затѣмъ сохраняются въ пространствѣ до тѣхъ поръ, пока не достигнутъ. Нѣкоторые греческіе философы считали кометы за результатъ соединенія неподвижныхъ звѣздъ, которыя, случайно столкнувшись, сливаются другъ съ другомъ, подобно ступенному молоку. Платархъ же и другие пошли такъ далеко, что даже утверждали, будто кометы не представляютъ ничто реальнаго, а лишь являются отраженіемъ солнечнаго свѣта, отбрасываемаго другими небесными тѣлами.

Прежде чѣмъ входить въ подробное изложеніе современныхъ намъ попытокъ объясненія замѣчательныхъ кометныхъ формъ, мы въ общихъ чертахъ нарисуемъ картину тѣхъ явленій, которыя согласно съ наблюдениями, происходятъ во всякой большой кометѣ, при ея приближеніи къ солнцу, съ тѣмъ, чтобы отсюда можно было сдѣлать заключеніе о дѣйствующихъ въ этомъ случаѣ силахъ.

Если комета открытается на значительномъ разстояніи отъ солнца, то глазамъ наблюдателя представляется ядро, болѣе или менѣе похожее на звѣзду и окруженное туманною оболочкою, которая въ течение всего перода видимости кометы остается почти неизмѣнною и которую поэтому Огльберсъ назвалъ атмосферой кометы. Въ это время хвостъ кометы вообще вовсе не слытъ. Нерѣдко слытъ хвоста обнаруживаются нѣсколько долей, и котлѣ этого обстоятельства вступаютъ довольно быстрое увеличеніе хвоста. Въ нѣсколько позже въ той части кометы, которая обращена къ солнцу, начинаютъ обнаруживаться излученія, выходяща изъ ядра, затѣмъ эти излученія затухаютъ и переходятъ въ хвостъ кометы, и переходятъ въ хвостъ. Поэтому не послѣдствіе нѣтъ сомнѣнія, что продукты излученія представляютъ тѣ элементы кометы, изъ которыхъ образуется хвостъ, хотя эти излученія обыкновенно наблюдаются только послѣ того, какъ хвостъ уже бывъ виденъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Расположеніе ядра, хвоста и хвоста гораздо легче, чѣмъ ихъ строеніе,

Послѣ прохожденія кометы черезъ перигелий хвостъ снова теритъ свою пыльную форму и мало-по-малу исчезаетъ. Различныя стадіи развитія хвоста представлены на рис. 208, гдѣ направленіе движенія кометы указано стрѣлкой.

Упомянутыя выше излученія только въѣдѣніе перспективы представляются въ видѣ вѣера, въ действительности же они имѣютъ форму конуса, ось котораго лежитъ въ плоскости кометной орбиты и обыкновенно почти совпадаетъ съ радиусомъ-векторомъ, т. е. съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ. Сообразно съ этимъ, хвостъ кометы во время своего полного развитія имѣетъ форму полого конуса, пустое пространство котораго представляется наблюдателямъ въ видѣ темнаго канала, направленного по оси хвоста (рис. 209). Иногда уголъ, образуемый осью конуса петеченій съ радиусомъ-векторомъ, составляетъ нѣсколько градусовъ, и кромѣ того онъ иногда мѣняется съ теченіемъ времени. Въ такихъ случаяхъ темный каналъ бываетъ отчетливо виденъ только вблизи ядра, и его можно прослѣдить лишь на короткомъ протяженіи.

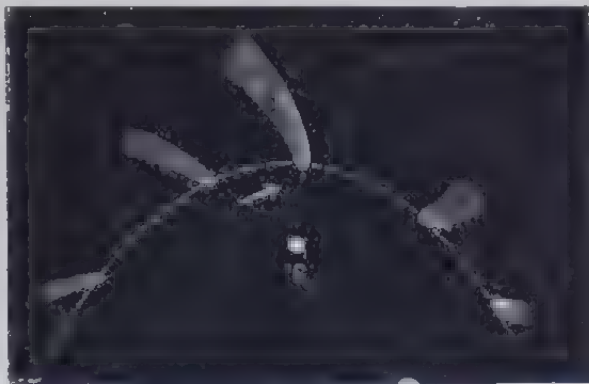


Рис 208.

Явленіе петеченій показываетъ, что частицы матеріи, изъ которой образуется хвостъ, выбрасываются изъ ядра, а съ точки зрѣнія механики это сводится къ тому, что солнце дѣйствуетъ на эти частицы не съ силою всемірнаго тяготѣнія, а съ некоторою другою неизмѣнною силою и, следовательно, съ некоторымъ другимъ напряженіемъ.

Что при образованіи кометныхъ хвостовъ дѣйствуютъ отталкивательныя силы, это подозрѣвали уже давно, но въ вѣдѣніи определенной формѣ высказать это впервые Вессель по случаю своихъ наблюденій надъ кометою Галлея въ 1835 году (§ 146), и онъ даже развилъ формулы, по которымъ при извѣстномъ предположеніи относительно напряженія отталкивательной силы, можно вычислять фигуру хвоста. Такого рода изслѣдованія послѣ того повторялись неоднократно, и между прочимъ Пале произвелъ подобныя вычисления относительно большой кометы Довати (§ 160); но во вѣдѣ такихъ вычисленій постоянно имѣлся въ виду какой-нибудь определенный частный случай; только Бредихину принадлежитъ заслуга систематическаго распространенія этихъ изслѣдованій на большое число кометъ. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, что формы кометныхъ хвостовъ сводятся къ тремъ типамъ:

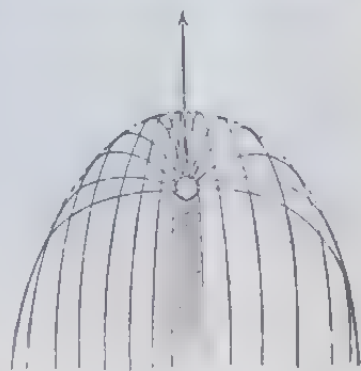


Рис 209.

1) хвосты, состоящие изъ частицъ, подверженныхъ со стороны солнца дѣйствію весьма значительной отталкивательной силы, напряженіе которой превосходитъ приблизительно въ 12 разъ напряженіе силы всемірнаго тяготѣнія;

2) хвосты, состоящие изъ частицъ, на которыя солнце вовсе не дѣйствуетъ, и, говоря изъ частицъ, которыя, по отношенію къ солнцу, могутъ быть разсматриваемы какъ невѣсомыя, и которыя, следовательно, движутся по прямымъ линіямъ, соответствующимъ начальнымъ скоростямъ этихъ частицъ

3) хвосты, состоящие из частиц, на которые солнце действует еще притягательным образом, но уже с силой, в среднем в три раза меньшей (чем сила всемирного тяготения).

Из астронома и Бредихина еще вытекает, что скорости, с которой частицы вырываются из ядра, находятся в тесной связи с типом кометного хвоста, а именно что скорость для трех выше названных типов по порядку составляет 4500, 3000 и 300 метров в секунду.

Хвосты первого типа тонкие, узкие и почти прямые; хвосты третьего типа очень широки и размыты, и можно допустить, что они состоят из нескольких, подобных друг другу химических элементов. Впрочем у комет, богатых различными химическими элементами, очень часто встречаются сложные хвосты, состоящие из хвостов нескольких типов. Замечательно, что хвост 1-го типа всегда резко отделяется от хвостов остальных типов. \* Хвосты всех трех типов изображены на рисунке 210. \*



Рис. 210.

Мы не можем здесь входить в дальнейшие подробности исследований Бредихина, при помощи которых ему удалось удовлетворительным образом объяснить целый ряд явлений, считавшихся прежде загадочными; прибавим только, что причину разделения хвостов на три типа он ищет в различии физико-химических свойств той материи, из которой образуется хвост. Если, следуя Цельнеру, допустить, что отталкивательная сила, действующая на различные элементы, обратно пропорциональна их атомным весам, то хвосты первого типа должны состоять исключительно из водорода, хвосты второго типа — преимущественно из углерода и отчасти из других элементов, атомный вес которых меньше 30, и наконец хвосты третьего типа — из таких элементов, атомный вес которых больше 30, следовательно, из тяжелых металлов, каковы: железо, никель и т. д.

Во время вырывающихся частиц во редком случае обуславливается явление, называемое «электрическим сиянием» кометы, т. е. светом, который возникает в результате электрических процессов. Электрические заряды, сообщаемые такими процессами частицам кометного вещества определяют их отношение к силе всемирного тяготения. Каких-нибудь более определенных данных относительно природы той силы, которая вызывает явление в ядре кометы, и относительно физических состояний, в которых оно возникает, при этом частицы кометного вещества, пока мы не имеем и не имеем возможности определить заранее силу и физическое состояние веществ, различающихся своим химическим составом, предположить различия между ними не представляется возможным. Однако, Фазель, Селларс и другие. Но так как

никакая из этих теорий не может вполне удовлетворительно объяснить все наблюдаемые явления, то мы ограничимся подробным изложением только одной из них, именно теории Цельнера.

Цельнер считает кометы за образования, состоящие из жидких метеорных масс, и в развитии световых явлений, а также в образовании кометных хвостов видит электрические процессы, вызываемые действием солнца. Способность обращаться в парь следует считать общим свойством материи, если масса тела, представляющего самому себя в мировом пространстве, не достаточно велика, чтобы притягивать частицы окружающей его атмосферы с силой, равной силе упрямости газов, входящих в состав атмосферы, при господствующей там температурѣ, то тело одновременно вполне превращается в парообразную массу. Если подобная масса находится в таком месте мирового пространства, где излучение ни одной из непотвизимых звѣзд не имѣет преобладающаго влияния, то эта масса должна принять тамъ называемую температуру мирового пространства, которая по измѣрениямъ Нулье равна  $-142^{\circ}$  по степенному термометру. Если же разсматриваемая масса вследствие притягательнаго дѣйствія какой нибудь болѣе значительной звѣзды приблизится къ источнику, излучающему теплоту, то сначала нагрѣется, конечно, та сторона, которая обращена къ источнику теплоты. Поэтому, процессы парообразования и кипѣнія происходят преимущественно на этой обращенной къ источнику теплоты сторонѣ, между тѣмъ какъ частицы, находящіяся на противоположной сторонѣ, защищены отъ источника теплоты самимъ тѣломъ и потому могутъ испаряться лишь непрямымъ путемъ, благодаря возникающимъ въ тѣлѣ течениямъ. Если вся жидкая масса обращается в парь, то при ея удаленіи отъ источника теплоты, вследствие происходящаго при этомъ пониженія температуры или снова образуется въ ней жидкое ядро, или же, если пониженіе температура было для этого недостаточно, то вся масса медленно исчезаетъ въ пространство. Сообразно съ этимъ, если жидкія метеорныя массы приближаются къ солнцу, то онѣ должны намъ представляться въ видѣ тѣлъ, окруженных оболочкой, состоящей изъ паровъ. Чѣмъ меньше эти массы, тѣмъ на большемъ разстояніи отъ солнца онѣ вполне обращаются въ пары, и вследствие прозрачности всей массы не обнаруживается никакой существенной разницы между явлениями, происходящими на сторонѣ, обращенной къ солнцу, и на противоположной сторонѣ, какъ это мы видимъ въ малыхъ кометахъ. Чтобы объяснить также развитіе собственнаго свѣта, доказываемое спектральнымъ анализомъ, и образование хвостовъ, Цельнеръ прежде всего указываетъ на то, что происходящій постоянно процессъ парообразования и кипѣнія долженъ необходимо возбуждать постоянное электрическое напряженіе, которое находитъ весьма обильный источникъ въ механическомъ разрываніи частицъ жидкости. Спектръ происходящаго такимъ образомъ свѣта подобенъ спектру электрической искры, проходящей черезъ тѣ пары, которые развиваются въ кометѣ. Если, согласно съ нашими опытами, среди космическихъ жидкостей должна быть отведена выдающаяся роль водѣ и углероднымъ соединениямъ, то кометы могутъ обладать преимущественно такими спектрами, которые принадлежатъ парамъ этихъ веществъ, какъ это и въ действительности подтвердилось нашими наблюденіями. Если, далѣе, мы допустимъ существованіе у солнца наэлектризованной атмосферы, что, по видимому возможно, то необходимо еще сдѣлать предположеніе, что электричество солнца и электричество кометъ одноименны, такъ какъ только въ этомъ случаѣ будутъ понятны выбрасываніе изъ ядра частицъ кометнаго вещества и образование хвоста, направленаго вообще въ сторону, противоположную солнцу. Если же въ силу какихъ нибудь обстоятельствъ измѣнится знакъ электричества кометныхъ ядровъ, то долженъ образоваться хвостъ, обращенный къ солнцу, какъ это иногда и бываетъ. Цельнеръ указываетъ, что совершенно достаточно приписать солнечной поверхности такія же электрическія свойства, какія мы на основаніи непосредственныхъ наблюденій знаемъ у насъ на землѣ, чтобы объяснить огром-

ные размеры хвостовъ Теоды Цепнера, которая не могла отказать въ рѣшомъ остроуміи, была самымъ твердымъ ея сримвненіемъ къ обыкновенно отдѣльныхъ явленіи набоитемъ въ кометахъ (кривыны хвоста, большое число туманныхъ обозначеній, необыкновенно длинная пестрота и т. д.), чего мы здѣсь, къ сожалѣнію, не можемъ подробно разсматривать, и въ томъ случаѣ, если она оставитъ еще кое-что думать, то все же обяжется большае уваженіе, чѣмъ всякая другая гипотеза. Впрочемъ Цепнеръ не забылъ указать также на то, что подобныя идеи выскыкивались уже раньше Кеплеромъ, Олаберсомъ, Бесселемъ, Ламонемъ и другими, но это было не болѣе, какъ незрѣлыя дѣтки юной теоріи, которая заслуживаетъ довѣрія уже потому, что она основывается на неподлежащемъ сомнѣнію фактѣ метеоритовъ съ кометами, фактѣ, получившемъ новое подтвержденіе въ облакахъ Ритца (Wright) съ газами, содержащимися въ метеоритахъ и характеризующимся спектрами, почти совершенноми съ спектрами кометъ.

Соспаясь съ мое существованіе изъ того, что намъ извѣстно относительно физическіе свойствъ кометъ, мы сохраняемъ за собой право въ другомъ мѣстѣ (§ 171) вернуться къ вопросу о томъ, гдѣ и какъ зарождаются кометы.

§ 161. **Значеніе и вліяніе, которыя прежде приписывались кометамъ.** Ради историческаго интереса мы здѣсь выразимъ упоминаемъ о томъ значеніи, которое приписывали кометамъ наши предки, на что мы имѣли случаи указывать уже и раньше. Фромонтъ видѣлъ въ облакахъ кометныхъ, которыя появились въ это время, предвѣстницу гибели Аристотелевой философіи, находившейся въ то время, въ концѣ XVI столѣтія, такъ сказать при послѣднемъ издыханіи. Ландель держится того мѣненія, что огненная колонна, которая прошла черезъ Красное море, была комета, данная израильтяному народу въ качествѣ возмездія, объявленнаго имъ при помощи фараона. Дамасценъ повѣствуетъ, что кометы созиданы Богомъ, и что если онъ гнѣвъ ихъ куда пожелаетъ, для устрашенія людей, то мнѣніе Геллеръ о томъ, что кометы являются христіанскіи философа. Подобнымъ же образомъ делавскіи мѣстѣ. Вальтерама повѣствуетъ, что кометы являются гнѣми духами изъ ада, чтобы возмездіемъ и снѣнныи родъ человеческой страданіи, которыя бы удерживали души отъ дурныхъ поступковъ и т. д.

Бодилиетри мѣстѣ и о значеніи кометъ сводитъ къ тризачію ихъ предвѣстниками гонимости и такою предвѣщеніемъ о нихъ повидимому такъ-же старо, какъ самый родъ человеческой. Тамъ имѣли мѣсто войны, болѣзни, землетрясенія, наводненія и т. д., тамъ гонимости, вину ставили на кометы, доживавшіяся около того времени. Въ этомъ отношеніи особенно густыри были римляне. Такъ, Цицеронъ, который во всякомъ случаѣ былъ умнѣмъ людейкомъ, совершенно серьезно уверяетъ о, что такъ кометы предвѣщаютъ войны или мятежа, Илия и вслѣдствіе 12 гнѣми кометъ три чѣмъ какъ-то рѣшились свои особенныи способностями кометы походить на рыбу, только обладающую весьма быстрыми движеніемъ, какъ образныи кометы отличаются отъ обыкновенно кометъ, имѣющихъ вѣсь, вѣсь и длину, а также живуща въ теченіи весьма продолжителіи промежутка времени и т. д. О томъ, что имъ вѣшь позволяли свѣтити, иродидрами ужасъ, и повѣстовать, что особенно предвѣщали кометы на что-ли война и гонимости предвѣщали. Сенека, который въ своемъ мѣстѣ (N. J. Hist. Liv. VII, 13) такъ говоритъ о кометахъ, кометъ предвѣщали и тризачіи кометъ предвѣщали, а также въ другомъ мѣстѣ съ вѣстиемъ предвѣщали, что такъ кометы суть колѣнныи существа, такъ какъ може быть, въ виду того, что все, что царствовало Верона и которая при такомъ образомъ и предвѣщали предвѣщали, такъ если бы служилъ предвѣстницей только счастья, да могла бы вѣсть въ кометѣ имъ снѣнныи гонимости. Еще болѣе смѣетъ великия мѣста въ римскихъ толокъ Гай и Л. Клеопатра, Гибулда и другихъ, которые старались по возможности указывать на снѣнныи предвѣщали кометъ. Но мы только осторожныи предвѣщали, что кометы, своимъ своимъ существованіемъ отъ гнѣмихъ предвѣщали такъ какъ сво

Милтонъ, современникъ Ньютона, въ своемъ «Потерянномъ рабѣ» о кометѣ 1680 г. писалъ слѣдующее:

From its horrid hair  
Shakes pestilence and war, \*)

и такъ какъ даже наши современники еще не могутъ совершенно освободиться отъ предрассудка къ намъ отъ нашихъ предковъ предубѣжденія относительно значенія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Далѣе, весьма распространено суевѣрье, что кометы оказываютъ влияние на болѣзни людей и животныхъ и даже на растительный мѣръ. По отношенію этого вопроса для разъясненія собственно надо обратиться къ врачамъ, и, цѣлѣуательно, одинъ изъ нихъ, Форстеръ, въ своемъ сочиненіи «Illustration of the atmospherical origin of epidemic diseases», Chilmsford, 1829, занятъ изслѣдованіемъ вопроса о связи кометъ съ болѣзнями, свое сочиненіе онъ заключаетъ слѣдующими словами: «Поэтому вполне ясно, что съ начала нашего лѣтоисчисления наиболее пестрая времена были съ тѣмъ были и наиболее богаты появленіями кометъ, и что появленія этихъ небесныхъ тѣлъ всегда сопровождалось землетрясеніями, вулканическими изверженіями и атмосферными переворотами, между тѣмъ какъ, наоборотъ, въ здоровыя времена никогда не видѣли ни одной большой кометы».

Какимъ же образомъ Форстеръ доказываетъ свой выводъ? Онъ просматриваетъ гребъ хроникъ, начиная съ Рождества Христова и до послѣдняго времени, и тотъ за годомъ приноситъ на безколѣнный листъ все болѣзни и несчастія, которымъ въ теченіе этого долгаго времени подвергались бытшяи родъ человѣчества. Подобнымъ же образомъ онъ прослѣдилъ за всеми кометами, которая появились на нашей землѣ, и всего собралъ до 500 кометъ, причѣмъ все онъ окладилъ навесенными на упомянутомъ листѣ сумми противъ болѣзней. Такимъ образомъ получился прекрасный и для склоннаго къ суевѣріямъ читателя дѣйствиительно назидательный списокъ бѣдствій и кометъ, которыя только были служить ихъ причиной.

Но эта работа, повидимому, не служила для него предметомъ серьезнаго размышленія. Мы только-что видѣли, что комета на небѣ поднимаетъ много всякихъ же бѣдствій, которыя приходится переносить людямъ, еще больше. Но такъ какъ на небѣ нѣтъ недостатка въ кометахъ, а на землѣ въ бѣдствіяхъ, то очевидно, неградно для всякаго бѣдствія отыскать комету, виновную въ этомъ бѣдствіи. Но какія намъ польза въ томъ, если мы по поводу кометы 1665 года читаемъ: «Большая комета и чума въ Лондонѣ». Если, дѣйствительно, чума, то почему же только въ Лондонѣ? Развѣ въ другихъ мѣстахъ земного шара кометъ не была видима такъ-же хорошо, какъ въ Лондонѣ? Почему эта комета, послужившая причиной чумы въ Лондонѣ, не породила этой болѣзни также въ Парижѣ. Вънѣ или наконецъ въ Шотландіи и въ Ирландіи? Поэтому своимъ права была та дѣва, которая, услышавъ, что въ 1832 году въ Парижѣ свѣтили комету Бетелъ (§ 150), навѣдшиую на всѣхъ сильный страхъ, возражала, что это ее мало огорчаетъ, такъ какъ она въ этомъ году будетъ не въ Парижѣ, а улетѣть къ своимъ родственникамъ въ Пеаноль. Далѣе, какое значеніе имѣютъ слѣдующія сопоставленія: «въ 1668 году появилась комета, и въ Вестфалии была большая морь среди конекъ», «въ такомъ-то году появилась комета, и въ Гюрингіи была страшная буря, во время которой въ поле было убито много крестьянъ», «въ такомъ-то году появилась комета, и въ восточной Фриландини была повальная чума на рогатый скоть» и т. д.

Но если эти небесныя тѣла не имѣютъ ничего общаго ни съ войнами, ни съ наложеніями, ни съ болѣзнями, то, можетъ-быть, они оказываютъ влияние на нашу погоду

\*) Ея ужасные волосы предвѣщаютъ чуму и войну.

и, следовательно, на температуру и плодородіе земли? Действительно, и это мнѣніе также весьма сильно распространено среди людей, но тщательныя статистическія сопоставленія показываютъ, что оно ни на чемъ не основано, впрочемъ, предположеніе, что эти небесныя тѣла оказываютъ влияние на земныя явленія, вообще не выдерживаетъ никакой критики съ тѣхъ поръ, какъ не проходитъ болѣе ни одного года безъ того, чтобы не было открыто нѣсколько телескопическихъ кометъ.

§ 165. **Обитатели кометъ** Такъ какъ все въ природѣ, насколько мы знаемъ, населено живыми существами, то мы не можемъ допустить, чтобы кометы, эти огромныя небесныя тѣла, число которыхъ, какъ мы видѣли, необъятно велико, были совершенно лишены органической жизни. Но такъ какъ кометы, какъ по своему наружному виду, такъ, впрочемъ, и по внутреннему строенію, весьма сильно отличаются отъ всѣхъ другихъ небесныхъ тѣлъ, то, безъ сомнѣнія, должна существовать огромная разница между тѣми организмами, которыми населены кометы, и тѣми, которые живутъ на землѣ и другихъ планетахъ. Однако, какими же свойствами мы должны надѣлять эти организмы, живущіе на кометахъ?

Кто изъ насъ могъ бы перенести тѣ крайніе переходы отъ свѣта къ мракѣ и отъ жары къ холоду, которыми подвергаются кометы при ихъ движеніи по огромнымъ орбитамъ? Комета 1680 года, какъ мы выше упоминали, подходила тѣмъ близко къ солнцу, что жаръ, которой она подвергалась, въ 26000 разъ превосходилъ павышшую жару у насъ на землѣ, и также самая комета при прохожденіи черезъ афелии находилась на такомъ большомъ разстояніи отъ солнца, что послѣствованіи тѣмъ холодомъ могъ даже нашу атмосферу превратить въ твердое тѣло, подобное льду. Какой же организацией должны обладать живущіе на кометахъ существа, если они могутъ переносить такие контрасты, и если такая рѣзкая перемѣна оставитъ имъ, можетъ-быть, даже удовольствіе, подобно тому, какъ для насъ, грізныя сменѣ швей и вѣтровъ вѣтеръ вѣтеръ. Впрочемъ, можетъ-быть, въ эти крайности только какующіеся, и пріоритетъ въ распоряженіи которой имѣется неисчерпаемое богатство способовъ достиженія своей цѣли, можетъ-быть, и тѣмъ найдутъ средство преодолѣть эти грізныя и противоблѣстныя тѣмъ, тѣмъ соответствующую организацию существамъ, живущимъ на кометахъ.

## ГЛАВА XIV.

### Падающія звѣзды.

§ 166. **Общая свѣдѣнія о падающихъ звѣздахъ.** Къ числу самыхъ замѣчательныхъ явленій, которыя приобщаются къ себѣ лишь, побужденіе почтимаго векомъ, вращающагося беззвучно, такъ, какъ бы паденіемъ звезды. Это явленіе привлекаетъ къ себѣ вѣднѣе любопытствіе и влечетъ своей красотой, особенно когда число падающихъ звѣздъ велико, отчасти тѣмъ, что паденіе каждой отдельной звезды постоянно происходитъ совершенно неожиданно для зрителя: вдругъ взрываетъ сама звездочка въ рон другихъ, производитъ съ огромною силой по небосводу и черезъ нѣсколько минутъ снова исчезаетъ. Необходимо указать на то, что упоминаемое объ этомъ красивомъ явленіи мѣя изложено съ смѣлымъ рѣзкимъ слѣдъ и поэтическимъ провиденіемъ. Такъ, напр., въ Паденіи (IV, 74) говорится, съ которою боги спускаются на землю съ вѣхъ небесныхъ высотъ, сриваются со скоростью падающихъ звѣздъ. Точно также сибирскій мѣсяцъ по мѣсяцу поочередно свѣтитъ судьбѣ людей съ падающими звѣздами. Прасильница Версия нечи-

иметь прятать нить судьбы новорожденнаго дитяти на ибѣ, и каждая нить своимъ концомъ прикрѣплена къ звѣздѣ. Когда приближится смерть человека, нить обрывается, и его звѣзда, блѣднѣя, падаетъ на землю.

Видимыя величина или, точнѣе говоря, яркость падающихъ звѣздъ бываетъ весьма различна. Приходится наблюдать падающія звѣзды всевозможныхъ яркостей отъ самыхъ слабыхъ, которая только еще могутъ быть видима невооруженнымъ глазомъ, до такихъ, которая по блеску равняется Юпитеру и Венерѣ, крѣпчайшимъ свѣтящимъ тѣламъ нашего небѣ, а иногда силою своего свѣта даже затмѣваютъ всѣ звѣзды. Впрочемъ только болѣе слабыя падающія звѣзды носятъ названіе собственно «падающихъ звѣздъ» или «метеоровъ», и онѣ по своей яркости, какъ и неподвижныя звѣзды, раздѣляются на шесть величинъ, отъ шестой до первой. Болѣе же яркія падающія звѣзды, по блеску равныя Юпитеру и Венерѣ или даже превосходящія ихъ, называются «огненными шарами» или «болытами». Впрочемъ падающія звѣзды, которая находится на предѣлѣ видимости для невооруженнаго глаза, далеко не являются слабыми изъ всѣхъ существующихъ. Въ зрительный трубу первѣе приходилось наблюдать какъ черезъ поле зрѣнія трубы пролетали метеоры, по яркости равныя звѣздамъ 9-и или 10-й величины или даже еще болѣе слабыя.

Путь метеора обыкновенно представляется въ видѣ небольшою части дуги большаго круга, и это обстоятельство указываетъ на то, что наблюдаемая нами часть дуги метеора не отличается замѣтнымъ образомъ отъ прямой линіи. Впрочемъ иногда дуги пути метеоровъ обладаютъ довольно замѣтною кривизною точно такъ и орбита метеора совершаютъ движеніе по волнообразнымъ и змѣвинымъ кривымъ. Всѣ эти и имъ подобныя явленія легко могутъ быть объяснены, если только мы хотимъ думать въ виду, что падающія звѣзды совершаютъ движеніе въ нашей атмосферѣ, т. е. въ сопротивляющейся средѣ, и если мы сдѣлаемъ весьма вѣроятное само по себѣ предположеніе, что метеоръ не всегда имѣетъ сферическую форму, въ самомъ дѣлѣ въ этомъ случаѣ при движеніи въ нашемъ воздухѣ онъ долженъ описывать тѣ особенныя кривыя, которыя описываетъ напр. бумерангъ.\*)

Время полета метеоровъ постоянно бываетъ весьма мало и въ большинствѣ случаевъ составляетъ лишь пробную четверть секунды, въ видѣ же исключенія оно можетъ достигать, а иногда даже превосходить 3 или 4 секунды. Очень часто неопознанный метеоръ или болѣе ядене еще не оканчивается, первѣе болѣе яркіе метеоры оставляютъ послѣ себя огненный слѣдъ въ видѣ хвоста, который вообще исчезаетъ черезъ нѣсколько секундъ послѣ метеора, иногда же остается видимымъ въ теченіе одной или двухъ минутъ и въ исключительныхъ случаяхъ даже въ теченіе четверти или получаса. Замѣчательный примѣръ этого рода представлялъ огненный шаръ, наблюдавшійся 17 мая 1873 года. Онъ заторѣлся въ 8 часовъ 44 минуты Влскго времени въ Венеріи въ возу отъ Раба въ высотѣ 160 километровъ надъ поверхностью земли и, пролетѣвъ вдоль Индонезіи, Австраліи, Морзійей и Босеміи, сдѣлалъ 460 километровъ въ теченіи 4 или 5 секундъ, послѣ чего воухъ въ общинѣ Цитгу и Херхуль на высотѣ 33 километровъ. Блестящій, болыи, зидлообразный хвостъ этого, по всеобщемъ мнѣнію не черезъмѣру яркаго метеора, по яркости онъ лишь немногo превосходилъ Венеру въ ближайшіе своимъ вѣкамъ оставилъ видимымъ для невооруженнаго глаза до 9<sup>1</sup>/<sub>4</sub> часовъ.

Въ хвостѣ метеора иногда наблюдается въ вышней степени интересныя явленія. Цѣль хвоста обыкновенно, но не всегда, бываетъ такой-же, какъ и цѣль метеора, которому хвостъ обитаетъ своимъ прохожденіемъ. Форма хвостовъ бываетъ въ вышней степени разнообразна, края по большей части рѣзко ограничены и представляютъ такое впечатлѣніе, какъ будто они обрѣзаны позы шпильки, которая внутри, т. е. тамъ, гдѣ проте-

\*) Бумерангъ — названіе кривой дуги, которая возвращается къ своему началу.



глы огненный шар, не заполнить свѣгшаея матеріей. Яркость хвоста обыкновенно уменьшается постепенно до полного исчезновения; но иногда случается, что яркость отдельных частей хвоста по временамъ опять увеличивается. Если хвостъ остается видимымъ болѣе или менѣе продолжительное время, то онъ иногда искривляется, и кромѣ того въ немъ наблюдаются другія движенія, связанныя съ неожиданными измѣненіями формы хвоста, причемъ вся масса нередко разбивается и образуетъ отдѣльныя свѣгшія пятна. На эти замѣчательныя, до сихъ поръ мало наблюдавшіяся явленія особенное вниманіе обратилъ директоръ Ашнскій обсерваторіи Шмидтъ, и ему неоднократно удавалось, послѣ того какъ хвостъ исчезалъ для невооруженнаго глаза, слѣдить за нимъ дальнѣе при помощи свѣгосильной зрительной трубы съ большимъ полемъ зрѣнія (при помощи кометовскатога или спекля). Согласно съ его оцѣнками, можно допустить, что хвостъ, который для невооруженнаго глаза остается видимымъ въ теченіе 5 или 10 секундъ, въ кометовскатога можетъ быть наблюдаемъ въ теченіе 3 или 4 минутъ.

Въ нашихъ странахъ изъ метеоровъ первой величины и болѣе яркихъ приблизительно половина, изъ метеоровъ второй величины только одна шестая и изъ болѣе слабыхъ метеоровъ еще меньшая часть ихъ оставляютъ послѣ себя хвосты. Это, повидимому, указываетъ на то, что въ действительности большая часть, если только не все метеоры, оставляютъ послѣ себя хвосты, но мы ихъ часто не видимъ вследствие чрезвычайной ихъ слабости. Это заключеніе находитъ себѣ поддержку также въ томъ, что Гумбольдтъ въ прозрачной атмосферѣ тропическихъ странъ часто наблюдалъ у метеоровъ длинныя, блестящія хвосты, чѣмъ это возможно у насъ.

Цвѣтъ метеоровъ въ огромномъ большинствѣ случаевъ бываетъ бѣлый или желтый, рѣже желтокрасный но въ болѣе яркихъ метеорахъ и особенно въ бѣдахъ наблюдаются также и другіе цвѣтики, причемъ особенно интенсивностью отличается зеленый цвѣтъ. На основаніи многократныхъ наблюденій Шмидта на 100 метеоровъ въ среднемъ приходится 62 бѣлыхъ, 15 желтыхъ, 6 желтокрасныхъ 3 зеленыхъ и 14 туманныхъ. Пестрыя категорія метеоровъ впервые была наблюдаема Шмидтомъ, это — довольно слабые метеоры яркость которыхъ едва достигаетъ яркости звѣздъ третьей величины, но они обладаютъ значительнымъ диаметромъ и всегда имѣютъ видъ туманности пестельнатоцвѣта, такъ что бывають подобны маленькому, быстро летящему туманному облаку.

Эти метеоры должны составить переходъ къ тѣмъ замѣчательнымъ небеснымъ глѣламъ, которая по своей природѣ занимають среднее мѣсто между кометами и метеорами, и въ которыя только въ новѣйшее время обратилъ вниманіе Скланарелли. Это туманная глѣла часто довольно значительныхъ размѣровъ, которая въ теченіе нѣсколькихъ минутъ блуждаетъ по небесному своду съ большою или меньшею скоростью и затѣмъ постепенно блѣднѣетъ до полнаго исчезновения. Скланарелли отыскалъ нѣсколько такихъ наблюденій, произведенныхъ въ 1252, 1348, 1672 и другіхъ годахъ; однако и въ новѣйшее время также извѣстно нѣсколько случаевъ подобнаго рода. Наиболѣе интересными изъ этихъ небесныхъ глѣлъ является та, которое Янгъ наблюдалъ 3 мая 1845 года, и то, которое 17 ноября 1882 года пролетѣло надъ Голландіей и Англіей.

§ 167. Паденіе аэролитовъ. Во время полета метеоры по болѣе части не измѣняютъ своей яркости и исчезаютъ опять также внезапно, какъ и появились. Только болѣе значительные метеоры, особенно огненные шары, иногда при потуханіи разбрасываютъ во все стороны искры и разбиваются на части, причемъ иной разъ можно видѣть, какъ отдѣльныя, менѣе свѣгшіяся куски падаютъ по направленію къ землѣ, а черезъ нѣсколько минутъ послѣ этого можно слышать болѣе или менѣе сильный, а иногда даже оглушительный шумъ. \* На рис. 211 изображенъ одинъ такой метеоръ, который наблюдался въ Мадридѣ 10 февраля 1896 года. \* Такіе, издающіе шумъ метеоры иногда случаются при паденіи замѣчательныхъ пачетій аэролитовъ или камней на землю.

Звуковыя явленія, сопровождающія паденіе аэролита, обыкновенно описываются слѣдующимъ образомъ. Сначала мы слышимъ нѣсколько сильныхъ рѣзкихъ ударовъ, подобныхъ выстрѣламъ изъ пушекъ. Между этими ударами и послѣ нихъ слышится болѣе слабый шумъ, который можно сравнить иногда съ барабаннымъ дробью, иногда съ шумомъ, производимымъ тяжело нагруженной телегой, иногда съ ружейнымъ залпомъ. Продолжительность этого шума бываетъ весьма различна и можетъ доходить до нѣсколькихъ минутъ; при нѣкоторыхъ паденіяхъ камней рѣчь шла о шумѣ, продолжавшемся даже нѣсколько часовъ, съ другой же стороны, нередко также при паденіи болида наблюдатели слышали только одинъ рѣзкій звукъ. Послѣ шума въ воздухѣ раздается шипѣніе, во время котораго на землю падаютъ камни.



Рис. 211

Наиболѣе сильный шумъ происходитъ вѣдствие разрыва метеора на части и вѣдствие прониканія воздуха въ образовавшіеся такимъ образомъ пустоты, болѣе же слабые раскаты, напротивъ того, объясняются тѣмъ, что воздухъ снова соединяется въ образовавшемся сзади метеора пространствѣ. Но такъ какъ скорость движенія метеора больше скорости звука, то этотъ послѣдній, какъ и при громѣ, достигается насъ съ различныхъ частей орбиты метеора лишь постепенно, чѣмъ и объясняется значительная продолжительность шума. Иногда сила главнаго шума бываетъ поистинѣ ужасающей. Такъ, напр., при паденіи камня въ Эглѣ шумъ былъ слышенъ на большомъ пространствѣ внутри окружности, радиусъ которой составлялъ 150 километровъ; въ самомъ Эглѣ, надъ ко-

горным произошёл взрыв метеора, почва задрожала, какъ при землетрясеніи и даже обрушились въ некоторые дома.

Падающія съ неба массы по содержанію въ нихъ чистаго желѣза раздѣляются на метеоритные камни и метеорное желѣзо. Первые почти всегда имѣютъ форму неравно-сторонней четырехгранной пирамиды съ затупленной вершиной. Основная поверхность, которая при движеніи въ пространство идетъ впередъ, по большей части бываетъ равномерно закружена и окружена стекловидной, блестящей, тонкой, какъ бумага, корою темно-коричневатаго цвѣта, а иногда темной, какъ смола; на этой корѣ выступаютъ съѣвъ выпуклыхъ жилъ, въ видѣ лучей, выходящихъ изъ одной точки. На боковыхъ поверхностяхъ и особенно на задней (по отношенію къ движенію) эта кора имѣетъ матовый отгѣнокъ и очень часто бываетъ похожа на бархатъ.

Кора это есть расплавленная поверхность метеоритаго камня, что впервые было доказано Шрейберомъ и Шерромъ непосредственнымъ плавленіемъ камней, упавшихъ въ Станервѣ. Но плавленіе, какъ это подозрѣвалъ также Пруссъ, происходитъ такъ быстро, что внутреннія части камня не успеваютъ при этомъ значительно нагрѣться, такъ какъ иначе вся масса сплавилась бы и имѣла бы видъ темнокоричневатаго стекла. Что внутреннія части дѣйствительно не нагрѣваются, это доказывается интереснымъ паденіемъ камня, имѣвшимъ мѣсто 27 декабря 1857 года въ Квенуикъ (въ Остѣ-Индіи), непосредственно послѣ паденія; кусокъ, взятый изнутри камня, былъ такъ холоденъ, что пальцы при прикосновеніи къ нему теряли чувствительность.

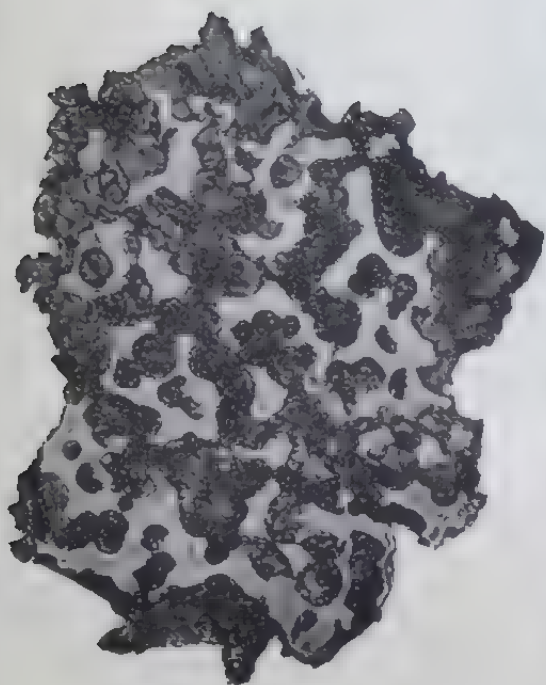
Въ минералогическомъ и химическомъ отношеніяхъ метеориты также бывающъ весьма различны. Поэтому достаточно только упомянуть, что въ нихъ не было найдено ни одного новаго, неизвѣстнаго на землѣ элемента. Первоначальными составными частями являются соединенія, заключающія четное число частицъ кислорода, а именно кремнеземъ и талькъ, и чистое желѣзо, которое встрѣчается какъ въ чистомъ состояніи, такъ и въ видѣ различныхъ окисловъ; но удивительно, что металлическое желѣзо всегда сопровождается никкелемъ. Интересно также то, что въ новѣйшее время были найдены некоторые метеоритные камни съ большимъ содержаніемъ углерода, и въ нихъ, повидному, находятся органическія вещества, которыя болѣе точнымъ образомъ еще не были изслѣдованы. Метеоритные камни, подобные тому, который упалъ 13 октября 1838 г. на мѣстѣ Добрая Надежда, или тому, который нашли въ Дибровницѣ 15 апрѣля 1857 г., отличаются отъ остальныхъ своимъ темнымъ цвѣтомъ.

Паденіе метеоритаго желѣза происходитъ гораздо рѣже, чѣмъ паденіе метеоритныхъ камней. Впрочемъ въ новѣйшее время были открыты весьма замѣчательныя тѣла, промежуточные между метеоритными камнями и метеорнымъ желѣзомъ, это — богатые желѣзомъ метеоритные камни съ вкрапленными въ нихъ кусками металлическаго желѣза, и метеорное желѣзо, въ которое вкраплены большія массы камня.

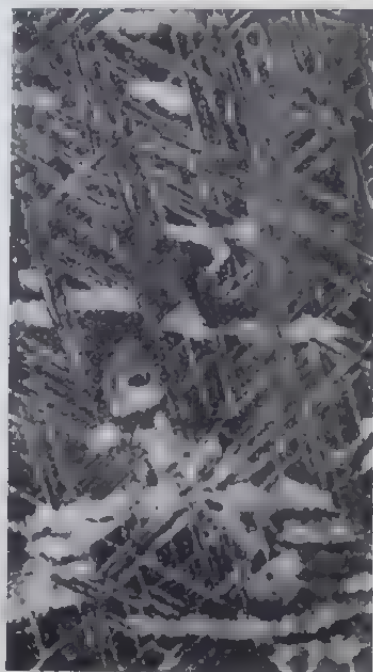
Желѣзные метеориты по большей части отличаются значительною плотностью и имѣютъ кристаллическое сложеніе, рѣже встрѣчаются вътѣсные и ячеистые метеориты этого рода. Въ послѣднемъ случаѣ пустая пространства наполнены явно кристаллическимъ оливковымъ (метеорнымъ оливкомъ). Плотные желѣзные метеориты (а въ ячеистыхъ желѣзныхъ остовъ) состоятъ почти исключительно изъ желѣза и никкеля, которые первѣко составляютъ до 98% всей массы, причемъ никкель въ соединеніи съ частью желѣза образуетъ никкельное желѣзо; этотъ металлъ и чистое желѣзо при образованіи метеоритаго желѣза располагаются параллельными чередующимися пластинками. Но такъ какъ чистое и никкельное желѣзо различнымъ образомъ относятся къ химическимъ элементамъ, то, если подвергнуть въ плѣтю этихъ послѣднихъ полдированную пластинку метеоритаго желѣза, ея правильное строеніе дѣлается видимымъ въ видѣ особенныхъ фигуръ, которыя по имени ученаго, открывшаго ихъ называютъ Видманштеттовыми фигурами (см. приложенію при сем. таблицу). Этими фигурами и содержаніемъ никкеля метеорное желѣзо отличается



Метеоритъ изъ Грашица, вѣсъ 11 фунтовъ.



Палласово желѣзо.



Видманштегтовы фигуры.

отъ всякаго другаго чистаго желѣза земнаго происхожденія. Поэтому желѣзныя массы, которыя находятся въ различныхъ пунктахъ земнаго шара, безъ всякаго сомнѣнія, можно признать за метеорное желѣзо, если эти массы не подходятъ къ геологическимъ формациямъ данной страны, и если онѣ обладаютъ, по крайней мѣрѣ, одною изъ вышеупомянутыхъ характерныхъ особенностей, хотя бы паденіе съ неба непосредственно и не наблюдается. Такія массы иногда достигаютъ весьма значительной величины. Такъ, напр., метеоритъ, найденный въ 1783 году въ Гукуманѣ (въ Аргентинской республикѣ), вѣситъ болѣе 1500 килограммовъ, весь метеоритъ, найденнаго въ 1784 году въ Бемдето (въ Бразиліи), составляетъ приблизительно 8700 килограммовъ и т. д.; точно также известное Палласово желѣзо (см. приложенію при семь таблицу) первоначально вѣсило около 800 килограммовъ. \* На рис. 212, наоборотъ, представленъ небольшой метеоритъ, упавшій въ 1893 году въ Хаси-Экиѣ (въ Алжирѣ), онъ изображенъ въ натуральную величину. \*

Число ежегодно падающихъ на землю аэролитовъ далеко не такъ мало, какъ это можно было бы думать на основаніи того, что въ каждомъ опредѣленномъ мѣстѣ это явленіе наблюдается весьма рѣдко. Въ среднемъ за послѣдніе годы можно принять, что ежегодно наблюдаются три паденія метеоритовъ. Если мы ведемъ, что большая часть земной поверхности покрыта водой, что мы получаемъ извѣстія о паденіи метеоритовъ только изъ цивилизованныхъ странъ, и что даже и въ этихъ странахъ значительная часть паденій остается незамѣченной, или метеорныя массы падаютъ на землю въ недоступныхъ мѣстностяхъ, гдѣ ихъ нельзя отыскать, то мы, кажется, безъ преувеличенія можемъ принять, что на всей земной поверхности ежегодно выпадаетъ нѣсколько сотъ метеоритовъ.

При паденіи аэролита число упавшихъ на землю кусковъ бываетъ весьма различно: иногда очень мало (1 или 2), а иногда весьма велико, какъ это было въ Станнерѣ и въ Эгдѣ; въ первомъ мѣстѣ число упавшихъ камней доходило до 150—200, а въ послѣднемъ даже до 2000—3000. При такомъ обильномъ паденіи камней, которое можетъ быть названо каменнымъ дождемъ, камни разсыпаются обыкновенно внутри нѣкотораго пространства, имѣющаго эллиптическую форму, причемъ бо́льшая часть эллипса распадается по направленію движенія метеора, въ знакъ того, что камни падаютъ постепенно по мѣрѣ передвиженія метеора впередъ. При этомъ, кромѣ того, интересно еще то обстоятельство, что небольшіе камни падаютъ сначала, а болѣе значительные потомъ и это особенно хорошо обнаружилось во время каменнаго дождя 1 мая 1860 года въ Нью-Коркордѣ (въ Огайо). Подобныя же наблюденія были сдѣланы 30 января 1868 года во время каменнаго дождя въ Пултускѣ (въ Польшѣ, и при этомъ было замѣчено, что упавшіе камни видѣ не пробили промерзшаго слоя земли и не пропали въ этотъ слой на болѣе или менѣе значительную глубину. Это несомнѣннымъ образомъ доказываетъ, что метеоры теряютъ свою космическую скорость въ нижнихъ слояхъ нашей атмосферы, и что отъль-

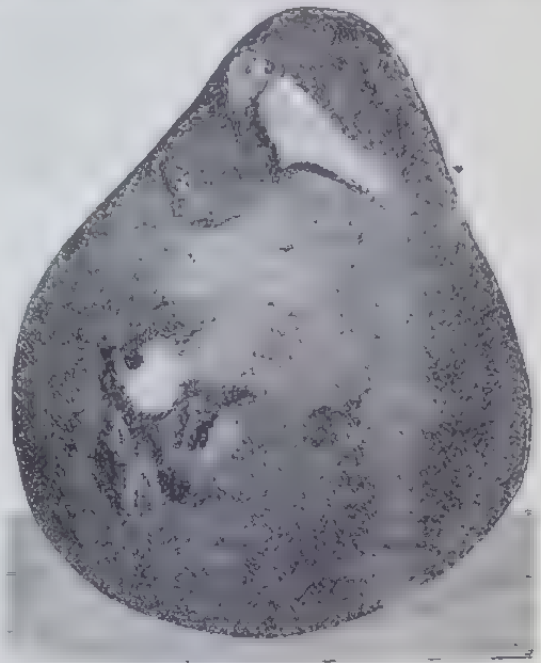


Рис. 212.

ные куски долетают до земли со скоростью, вполне определяемую законом свободного падения глыб под действием силы тяжести. Вооруже обратил внимание на это замечательное обстоятельство Хайдингеръ, по поводу падения метеорита въ Грашинъ; зная, во время многочисленных падений аэролитовъ, оно нашло себѣ подтвержденіе въ томъ, что упавшия массы крайне рѣдко проникали глубоко въ почву. Къ вышеуказаннымъ аргументамъ можно было бы прибавить еще одинъ, состоящій въ томъ, что метеориты массы при паденіи на землю должны были разлетѣться на куски гораздо чаще, чѣмъ это наблюдается въ действительности, если бы онѣ достигали земли съ планетною скоростью. Хайдингеръ подмечаетъ, что метеориты теряютъ свою космическую скорость въ той точкѣ, съ которой до насъ доносится главный шумъ, и подобно съ этимъ онъ эту точку называетъ точкой остановки; начиная съ этого пункта, отдѣльные куски, по его мнѣнію, падаютъ на землю по вертикальному направленію, подчиняясь обыкновеннымъ законамъ паденія глыбъ. Это обстоятельство вполне подтвердилось во время каменнаго дождя въ Пултскѣ. Къ повѣстее время Скланарелли пришелъ къ тому же заключенію на основаніи теоретическихъ соображеній, причемъ онъ доказалъ, что метеоръ испытываетъ огромную потерю скорости уже въ высшихъ, необыкновенно разрѣженныхъ слояхъ нашей атмосферы, и что на весьма значительныхъ высотахъ его космическая скорость почти совершенно уничтожается. Къ тому же самому результату одновременно съ Скланарелли пришелъ также и Вейсзъ; послѣдній, кромѣ того, обратилъ вниманіе на то обстоятельство, что у метеоровъ, двигающихся быстро, потери скорости происходятъ гораздо скорѣе и на болѣе значительныхъ высотахъ, чѣмъ у тѣхъ, которые совершаютъ движеніе болѣе медленно. Но такъ какъ живая сила движенія не уничтожается, а лишь превращается въ свѣтъ и тепло, то не только становится понятнымъ, почему свѣтовые явленія въ огненныхъ шарахъ и падающихъ звѣздахъ развиваются главнымъ образомъ въ высшихъ областяхъ нашей атмосферы, но свѣтъ съ тѣмъ падаетъ себѣ простое объясненіе загадочное ранѣе явленіе, а именно, что составлено съ вычисленными яркіе метеоры обыкновенно оказываются болѣе удаленными отъ земли, чѣмъ слабые.

При шумѣ иногда действительно происходитъ разрывъ метеорной массы на части, какъ это неопровержимымъ образомъ вытекаетъ изъ того, что при паденіи камня въ Квешукъ два куска, найденные на разстояніи 1500 метровъ одинъ отъ другого, вполне дополнили другъ друга, и кромѣ того на поверхности излома были замѣтны лишь незначительныя слѣды коры. То же самое имѣло мѣсто при паденіи камня 12 мая 1861 года въ Бутсуръ (въ Остѣ-Индіи), причемъ въ этомъ случаѣ даже три куска, взаимныя разстоянія между которыми достигали 3 или 4 километровъ, будучи сложены вмѣстѣ, составили одно цѣлое. Но было бы большою ошибкой вывести отсюда заключеніе, что все куски, падающіе во время значительнаго каменнаго дождя, представляютъ лишь осколки одного глыба, проникшаго въ нашу атмосферу наоборотъ, по формѣ камней и по характеру коры слѣдуетъ заключить, что въ такихъ случаяхъ спускаетъ въ нашу атмосферу цѣлый ровъ метеоритовъ. Это заключеніе подтверждается единственнымъ въ своемъ родѣ наблюденіемъ Шмитта въ Ашвахъ. Это наблюденіе было сдѣлано 19 октября 1863 года и относится къ яркому болту, который отличался чрезвычайно медленнымъ и необыкновенно болдой продолжительностью полета, равною 21 секундѣ, такъ что Шмиттъ имѣлъ время направитъ на него кометонекетель и сдѣлать за нимъ въ трубу еще въ теченіе цѣлыхъ 14 секундъ. При разсматриваніи въ телескопъ, онъ представлялся соединеннымъ изъ двухъ яркихъ метеоровъ, имѣвшихъ форму капель; оба эти метеора были зеленого цвѣта, и следи ихъ тянулись въ видѣ хвоста двѣ рѣзко ограниченныя, огненно-красныя нити, свѣдши между собою прямыя линіи, разстояніе между которыми составляло 7". Наблюденіи изъ этихъ метеоровъ находился къ югу и шель северу; на нѣсколько минутъ раньше тѣмъ же сдѣлать меньшій, ледявшій вмѣстѣ съ тѣмъ.

въ сѣверу. Затѣмъ за этими метеорами слѣдовалъ цѣлый рой яркозеленыхъ осколковъ весьма различной величины, изъ которыхъ каждый обладалъ хвостомъ, имѣвшимъ видъ огненнокрасной прямой лини. Все эти лини были параллельны между собою. Въ каждомъ отдѣльномъ метеорѣ изумрудозеленый цвѣтъ ядра переходилъ черезъ яркожелтый оттѣнокъ въ огненнокрасный цвѣтъ хвоста. Диаметръ наибольшаго ядра Шмидтъ, принявъ во вниманіе иррадіацію (часть I, § 112), оцѣнилъ въ 25" или 30", и онъ склоненъ думать, что этотъ результатъ скорѣе великъ, чѣмъ малъ.

Это интересное наблюденіе привело свѣтъ также и на другіе вопросы, которые уже неоднократно приводили къ противорѣчіямъ. При наблюденіи невооруженнымъ глазомъ весьма яркіе метеоры иногда по своимъ видимымъ размѣрамъ представляются равными луны, и точно также Шмидтъ въ случаѣ только-что упомянутаго метеора еще задолго до того момента, когда онъ достигъ своего наибольшаго блеска, невооруженнымъ глазомъ оцѣнилъ его диаметръ по крайней мѣрѣ въ 10 или 15'. Нехотя изъ этой величины видимаго диаметра и имѣя въ виду то разстояніе, которое отдѣляло въ этотъ моментъ метеоръ отъ земли, мы получаемъ для истиннаго диаметра колоссальное число, а именно нѣсколько тысячъ метровъ. Сравнивая же съ этимъ числомъ размѣры упавшихъ на землю массъ, мы убѣждаемся, что эти размѣры совершенно не соответствуютъ видимой величинѣ метеоровъ. Наблюденіе Шмидта весьма простымъ путемъ разрѣшаетъ это противорѣчіе, такъ какъ оно показываетъ, что при оцѣнкѣ величины метеора невооруженнымъ глазомъ мы дѣлаемъ двоякую ошибку, а именно мы не только отдѣльные, разлѣченные другъ отъ друга большими промежутками осколки метеора принимаемъ за одинъ большой метеоръ, но кромѣ того еще въ слѣдствіе иррадіаціи все размѣры преувеличиваемъ въ нѣсколько разъ.

Извѣстія о паденіи аэролитовъ восходятъ до глубокой древности, когда подобныя явленія легко могли быть поставлены въ связь съ религіозными воззрѣніями древнѣйшихъ культурныхъ народовъ. Искони вѣковы существовало на востокѣ почитаніе огня и олицетвореніе этой могущественной силы природы въ свѣтилахъ, которыя считались огненными массами, и въ которыхъ, по мнѣнію древнихъ, жили могучіе духи. Но такъ какъ въ то время о разстояніяхъ и о размѣрахъ свѣтилъ не имѣли никакого понятія, то мысль, что они могутъ падать съ небснаго свода на землю, не представляла для древнихъ ничего нелѣпнаго, и потому они безъ всякаго сомнѣнія принимали огненные шары (болиты) за тѣ же звѣзды и полагали, что достигшіе земли раскаленные камни, которые иногда находили въ томъ мѣстѣ, гдѣ болитъ разорвался на части, суть дѣйствительно упавшія съ неба звѣзды, но онѣ и въ этомъ состояніи, по понятіямъ древнихъ, были одухотворены такъ же, какъ и раньше. Поэтому ихъ называли также бѣтвлями, т.-е. одухотворенными камнями, и болѣе значительнымъ изъ нихъ, въ вѣрованіямъ древнихъ, жили и болѣе могучіе духи, оказывали почести въ храмахъ, какъ святимымъ. Извѣстѣйшій изъ камней этого рода это *Apete* \*) римлянъ, который упалъ съ неба во времена Нумы Помпілія и о которомъ въ Сибилинскихъ книгахъ сказано, что его погребъ будетъ служить предказаніемъ гибели Рима; дальѣ, къ числу подобныхъ же камней относится черный камень Каабы въ Меккѣ и др.

Въ Малой Азии и въ Греціи свѣтловыя и звуковыя явленія, сопровождавшія паденія камней съ неба, смѣшивали съ молніей и громомъ и полагали, что во время грозы боги посылаютъ людямъ на землю символы грома и молнии въ видѣ камней, въ слѣдствіе чего эти послѣдніе назывались также кератуніей или бронціей, т.-е. громовыми камнями, и ихъ искали послѣ каждого удара молнии. Впрочемъ въ народѣ вѣрованіе въ громовые камни окончательно не исчезло еще и до сихъ поръ.

\*) Латинское слово *apete* по-русски означаетъ цвѣтъ.

Въ Аравіи изъ метеорнаго желѣза приготовлялись клинки для мечей, которые цѣнились очень высоко въ дѣствіе приписываемыхъ имъ чудесныхъ свойствъ. Между прочимъ существовало повѣріе, что обладатель такого меча цѣлится неуязвимымъ и будетъ всегда одерживать побѣды надъ противниками. Въ центральной Азіи, еще до начала новейшихъ временъ, былъ распространенъ обычай употреблять метеорное желѣзо, чистое или въ соединеніи съ желѣзомъ земнаго происхожденія, для выковки оружія. Такъ, монгольскій императоръ Дшехангиръ изъ метеорнаго желѣза, упавшаго 17 апрѣля 1621 года въ Алагоръ въ Индіи, велѣлъ приготовить себѣ двѣ сабли, одинъ кинжалъ и одинъ ножъ. Въ наше время полярный путешественникъ Россіи нашелъ у эскимосовъ Ваффинава залива въ угорбленіи ножи и топоры изъ метеорнаго желѣза.

Однако не только въ южныхъ, но также и въ сѣверныхъ странахъ уже въ глубокой древности паденіе камней съ неба признавалось неопровержимымъ фактомъ, и историографы упоминаютъ многочисленные примѣры этого явленія. Но на сѣверъ весьма быстро исчезло то дружелюбное отношеніе къ этому явленію природы, которое явно обнаруживалось на востокъ, ужасъ, который должно было вызывать столь необъясненное явленіе, вскорѣ настолько выступилъ на передній планъ, что на паденіе камней стали смотрѣть не какъ на знакъ расположенія боговъ, а скорѣе какъ на доказательство ихъ гнѣва. Такъ, уже Ливій, а еще болѣе Тацитъ какъ о предзнаменованіяхъ несчастія почти всегда упоминали о каменныхъ дождяхъ, и въ наступившую затемъ эпоху переселенія народовъ не могло искорениться рааъ установившееся мрачное воззрѣніе на это явленіе. Когда затемъ въ концѣ среднихъ вѣковъ турки стали всюду внушать къ себѣ страхъ, паденіями камней съ неба пользовались для того, чтобы воспротивить христанъ къ борбѣ противъ ихъ природнаго врага. Такой случай былъ, напр., въ 1492 году, когда 7 ноябрю въ полдень въ Эпенехеймъ (въ Верхнемъ Эльзасѣ) упалъ съ неба камень вѣсомъ приблизительно въ 150 килограммовъ; отъ этого камня благодаря заботамъ императора Максимилиана I сохранились отдѣльные куски еще и до настоящаго времени, и это есть вообще древнѣйшее изъ исторически достоверныхъ паденій камней.

Но, несмотря на столь многочисленныя сообщенія о паденіи камней, среди физиковъ въ теченіе XVIII столѣтія все болѣе и болѣе распространялось мнѣніе, что все подобныя отчеты суть не болѣе, какъ плодъ болѣзненной фантазіи, и что поводомъ къ этимъ отчетамъ не могли служить истинныя происшествія, такъ какъ паденіе камней изъ воздуха противорѣчитъ известнымъ законамъ природы. Дѣствительно, искаженія и преувеличенія, встрѣчающіяся въ большей части отчетовъ очевидцевъ, которые, придя въ сильное замѣшательство вслѣдствіе испуга, часто описывали не то, что видѣли на самомъ дѣлѣ, подали первый поводъ къ признанію этого явленія ложнымъ; однако при этомъ выказали совершенно неопытное упорство тѣ лица, которые, въ угоду предвзвѣтому мнѣнію, признавали за ложные отчеты и за обманъ чувствъ все, даже самыя достоверныя свидѣтельства, не удостоивъ ихъ провѣрки, какъ это было, на примѣръ, въ томъ случаѣ, когда епископская консисторія въ Аграмѣ должна была принять документъ о паденіи двухъ кусковъ метеорнаго желѣза въ Грашинѣ 26 мая 1751 года въ 6 часовъ вечера. \* Одинъ изъ этихъ кусковъ изображенъ на таблицѣ, приложенной къ стр. 546. \* Келати замѣчаютъ, что это было первое паденіе аэритита, удостовѣренное документомъ. Точно также еще и въ 1790 году находили весьма смѣшнымъ составленіе протоколовъ по поводу такихъ вѣдностей: именно, когда муниципалитетъ города Жульяка въ Гасконіи представилъ въ Парижскую Академію подписанный болѣе чѣмъ 300 свидѣтелей документъ о паденіи камня, которое произошло въ этомъ мѣстѣ 24 іюля въ 9 часовъ вечера, то Бертолонъ выразилъ сожалѣніе, что общество въ Жульякѣ имѣло такого глупаго мэра, который вѣритъ подобнымъ сказкамъ.

При такихъ условіяхъ слѣдуетъ весьма высоко цѣнить услугу, которую оказала



ваукъ Хладни: когда въ 1794 году Палласъ нашелъ въ Красноярскѣ (въ Сибири) большой кусокъ чистаго желѣза, который казаки считали за святыню, упавшую съ неба, то Хладни въ своемъ сочиненіи: «О происхожденіи куска желѣза, открытаго Палласомъ, и о нѣкоторыхъ, находящихся въ связи съ этимъ явленіяхъ природы» мужественно выступилъ съ защитой мнѣнія, что аэролиты дѣйствительно падаютъ съ неба. Въ этомъ сочиненіи, составляющемъ эпоху въ развитіи нашихъ знаній о метеорахъ, онъ не только устанавливаетъ тотъ взглядъ, что паденіе камней въ дѣйствительности происходило довольно часто, но также доказываетъ, что камни, упавше на землю, могутъ быть только космическаго происхожденія, т.-е. что это, такъ сказать, пришельцы изъ межпланетнаго пространства, которые раньше не имѣли никакого отношенія къ землѣ и къ ея атмосферѣ. Это послѣднее положеніе онъ еще болѣе развиваетъ въ своихъ по дѣлѣннхъ работахъ, гдѣ онъ говоритъ, что метеоры должны представлять массы первичной матеріи, и что до своего паденія на землю они не принадлежали никакому небесному тѣлу и, по видимому, обладали свойствами кометъ. Послѣ того какъ 16 июня 1794 года упалъ камень въ Спенъ, а въ слѣдующемъ году въ Волкотеджѣ (въ Юрширѣ), нѣмцы и англичане быстро другъ за другомъ перешли на сторону Хладни. Во Франціи и Швейцаріи, напротивъ того, еще долгое время господствовало недовѣріе къ этимъ явленіямъ, пока наконецъ не сдѣлался общезвѣстнымъ отчетъ о паденіи камня въ Эгль (16 апрѣля 1803 года), составленный агрономомъ Біо, котораго Парижская Академія, правда послѣ двухмѣсячнаго промедленія, послала на мѣсто для обстоятельнаго изслѣдованія. Но изъ старыхъ паденій камней лучше всего было изслѣдовано то, которое имѣло мѣсто нѣсколько дѣтъ спустя (22 мая 1808 г.) въ Стапвернѣ въ Моравіи, такъ какъ тотчасъ послѣ полученія перваго извѣстія объ этомъ паденіи были посланы туда Шрейберсъ, состоявшій въ то время претрѣтелемъ королевскаго минералогическаго кабинета, и его другъ Видманштеттенъ, съ цѣлью подробнаго изслѣдованія всѣхъ обстоятельствъ, сопровождавшихъ это явленіе.

§ 168. **Высота, на которой появляются метеоры, масса метеоровъ и періодическія измѣненія въ числѣ наблюдаемыхъ метеоровъ.** Первая опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, были сдѣланы уже Монтанари и извѣстнымъ метеоромъ Дерфелемъ. Первый изъ нихъ для начальной высоты огненного шара, видѣннаго въ Болоннѣ 31 марта 1676 г., нашелъ 40 итальянскихъ миль, и на основаніи такой большой высоты сдѣлалъ заключеніе о его космическомъ происхожденіи. Послѣднимъ вычислилъ высоту огненного шара, пролетѣвшаго надъ Германіей 12 августа 1683 (по стар. стилю), въ 39 миль, но онъ не дѣлаетъ никакой гипотезы о происхожденіи метеора, а пишетъ только слѣдующее: «Я предоставляю физикамъ вывести наиболее естественное заключеніе о томъ, какимъ образомъ возгорается такое тѣло на высотѣ приблизительно отъ 30 до 40 миль, т.-е. далеко за прѣѣлами правильныхъ воздушныхъ теченій». Но какъ на эти, такъ и на нѣкоторыя другія позитивныя и во всякомъ случаѣ непогрѣзновенныя опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, не было обращено надлежащаго вниманія, пока Брандесъ и Бенценбергъ, во время своего пребыванія въ лейпцигскомъ университетѣ, не сдѣлали попытки систематическаго измѣренія высоты появленія и исчезновенія падающихъ звѣздъ, и до тѣхъ поръ о средней высотѣ метеоровъ можно было сказать только одно, а именно, что она очень значительна, такъ какъ падающія звѣзды лицамъ, наблюдавшимъ съ высокиихъ горъ, напр., Сосеюру на Монбланѣ и Гумбольдту на Чимборассо, казались столь же отдаленными, какъ и въ томъ случаѣ, когда наблюденія производились въ долинѣ. Въ 1798 году Брандесъ и Бенценбергъ съ цѣлью опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, расположились въ двухъ мѣстечкахъ, стоявшихъ другъ отъ друга на 8 километровъ, и на обохъ пунктахъ наблюдали падающія звѣзды, отмѣчая время, когда, и мѣсто на небѣ, гдѣ онѣ появлялись и исчезали, и кромѣ того ихъ яркость и нѣкоторыя особенности ихъ движенія. При слѣдующемъ свиданіи они сравнили моменты,

въ которые каждый изъ нихъ видѣлъ падающія звѣзды, и на основаніи этого сравненія вывели такія наблюденія, которыя, благодаря одинаковымъ моментамъ и благодаря сходству другихъ отмѣченныхъ обстоятельствъ могли соотвѣтствовать одному и тому же метеору. После этого, пользуясь тѣмъ, что падающія звѣзды съ обоихъ пунктовъ были видны въ различныхъ мѣстахъ небесной сферы, можно было опредѣлить ихъ параллаксъ и вмѣстѣ съ тѣмъ расстояние отдѣлявшее ихъ отъ земли, или, иначе говоря, ихъ высоту надъ поверхностью земли.

Бригидесъ и Бенденбергъ выбрали такой короткій базисъ потому, что они считали падающія звѣзды за особаго рода зарницу, которая появлялась, по ихъ мнѣнію, приблизительно на разстояніи 10—15 километровъ отъ земной поверхности. Между тѣмъ перрри же сдѣланныя ими наблюденія доказали, что ихъ мнѣніе было ошибочно, такъ какъ падающія звѣзды въ большинствѣ случаевъ появлялись и исчезали на высотѣ, превосходившей 70 километровъ и иногда даже достигавшей 150 километровъ. Для точнаго опредѣленія такихъ большихъ высотъ избранный отъ нихъ базисъ былъ слишкомъ коротокъ, такъ какъ именно при такого рода наблюденіяхъ неизбѣжны случайныя ошибки бывающія весьма значительныя, и потому при небольшихъ параллеляхъ онѣ оказываютъ настолько вредное вліяніе на результаты, что лишаютъ ихъ всякаго довѣрія. Вслѣдствіе этого они при дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ выбрали болѣе длинный базисъ, и эти наблюденія не только подтвердили тотъ фактъ, что метеоры взрываются и исчезаютъ на громадной высотѣ, но кромѣ того указали на существованіе довольно большого числа падущихъ звѣздъ, которая при своемъ движеніи удаляются отъ земной поверхности. Этотъ результатъ представляется совершенно необъяснимымъ, если допустить, что падающія звѣзды проникаютъ въ атмосферу извнѣ и между тѣмъ, напр., существованіе периодическихъ метеорныхъ потоковъ (з. 189) приводитъ астрономовъ именно къ этому послѣдному заключенію. Фактъ облетанія збу, когда Бессель въ 1869 году заваялъ изученіемъ этого предмета и, пользуясь болѣе точными методами вычисленія, представилъ болѣе подробныя изслѣдованія относительно вліянія ошибокъ и оцѣнилъ на результаты. При этомъ онъ доказалъ, что выводы Бригидеса и Бенденберга относительно огромной высоты, на которой появляются метеоры, слѣдуетъ считать неопровержимыми, но тѣмъ не менѣе ихъ изслѣдованія, по его мнѣнію, не были достаточно точны для того чтобы не подверглись никакому сомнѣнію существованію метеоровъ, удаляющихся отъ земли. Это, конечно, было бы вѣдомъ намъ впередъ, но все же еще не было вѣдомо, очевидно, что метеоры, удаляющиеся отъ земной поверхности, не существуютъ.

Приведенныя вычисления по приближамъ, указаннымъ Бесселемъ, въ каждомъ большомъ разлѣчъ можно получить нѣсколько метеоровъ, удаляющихся отъ земли, но такіе метеоры по своему вѣду, обыкновенно не столь незначительнымъ протяженіемъ, что это вполнѣ можетъ быть объяснено ошибками наблюдателя, и, принимая во вниманіе эти ошибки, легко можно метеоры, удаляющиеся отъ земли, прекратить въ метеоры, удаляющіяся на землю однако все же неоставляю прѣмого доказательства что во вѣдахъ метеоровъ случаются, имѣя мѣсто значительныя ошибки наблюдателя. Необходимыя дополненія къ изслѣдованіямъ Бесселя были опубликованы только въ 1868 году Э. Веселемъ который показалъ, что во вѣдахъ случаяхъ, когда метеоры, согласно съ вычислениями, удалялись по направлению вверхъ отъ поверхности земли, въ действительности онѣ слѣдовали грубыя ошибки въ наблюденіяхъ, и въ слѣдующемъ году на основаніи сдѣланнаго числа соотвѣтствующихъ наблюденій, предпринятыхъ по инициативѣ Э. Веселя,

\*) Въ 1868 году въ статьѣ Бригидеса и Бенденберга, а въ о какомъ землѣ удаляющіяся метеоры отъ земли, въ слѣдующемъ году. Когда метеоръ, удаляющійся отъ земли имѣетъ мѣсто тогда, когда метеоръ удаляется отъ земли, удаляющійся отъ земли метеоръ, видимымъ образомъ восходитъ до самаго зенита, что во всякомъ случаѣ бываетъ вѣрѣдко.

было окончательно подтверждено, что никогда нельзя получить метеора, удаляющегося от земли, если пользоваться исключительно наблюдениями, заслуживающими доверия, и если при этом производить вычисления по указанному Вейсомъ способу.

Изъ сдѣланнаго Х. А. Ньютономъ сопоставленія вѣсъ (около 260) заслуживающихъ доверія опредѣлений высотъ падающихъ звѣздъ на основаніи наблюдений за промежутокъ времени съ 1798 до 1863 года получается для высоты возгорания метеоровъ въ среднемъ 118 километровъ, а для высоты потуханія 82. Но эти числа, само собою разумѣется, подвержены весьма значительнымъ колебаніямъ, такъ какъ при этомъ кромѣ величины и формы метеоровъ большую роль играютъ также ихъ химическія свойства, скорость и направленіе ихъ движенія при впаданіи въ нашу атмосферу и т. д. Больше согласные между собою результаты получаются въ томъ случаѣ, если вычисляемыя высоты метеоровъ распределить по группамъ, соединяя въ одну группу метеоры одной и той-же скорости и одинаковаго химическаго строенія. Такимъ образомъ поступилъ Э. Вейсъ относительно метеорнаго потока св. Лаврентія, о которомъ рѣчь будетъ впереди, и при этомъ онъ нашелъ, что средняя высота появленія и исчезновенія метеоровъ въ этомъ случаѣ составляетъ соответственно 117 и 80 километровъ, и ни одинъ метеоръ этого потока не возгорается на высотѣ, превосходящей 180 километровъ. Подобнымъ же образомъ Х. А. Ньютонъ изъ многочисленныхъ американскихъ наблюдений, произведенныхъ 13 ноября 1863 годѣ и относящихся къ периодическому потоку Леонидовъ, нашелъ для средней высоты возгорания и потуханія метеоровъ соответственно 155 и 98 километровъ.

А. Гершель слѣдующимъ остроумнымъ способомъ пытался опредѣлить массу метеоровъ по свѣгу, который они развиваютъ при горѣнии. Если намъ известны разстояніе метеора отъ земли и его видимая яркость, то мы интенсивность его свѣта можемъ численно сравнить съ интенсивностью свѣта, развиваемаго известнымъ количествомъ свѣтящагося газа. Если долѣе мы допустимъ, что какъ въ случаѣ газа, такъ и въ случаѣ метеоровъ количество свѣта, развиваемаго при горѣннн, пропорціонально количеству получившейся при этомъ теплоты, то мы легко можемъ вычислить количество теплоты, развивающейся при горѣннн метеора, а механической эквивалентъ этого количества теплоты представляетъ собою живую силу, которую обладают метеоры. Если же кромѣ того известна скорость движенія метеора, то отсюда мы можемъ сдѣлать заключеніе и о его массѣ.

А. Гершель произвелъ эти вычисления относительно нѣкоторыхъ метеоровъ, которые наблюдались одновременно въ различныхъ мѣстахъ Англии 9 и 10 августа 1863 года. При этомъ онъ получилъ слѣдующіе результаты:

Звѣзда, съ которой метеоръ былъ сравненъ по яркости	Число наблюдений метеоровъ	Средняя вѣсъ въ граммахъ	Звѣзда, съ которой метеоръ былъ сравненъ по яркости	Число наблюдений метеоровъ	Средній вѣсъ въ граммахъ
Венера . . .	2	1953	Марскъ ( $\alpha$ Persei) . . .	4	6
Юпитерь . . .	2	2996	Коръ-Кароли ( $\alpha$ Canum Ven.) . . .	1	6
Сириусъ . . .	7	358			
Вега . . .	1	29			
Атаиръ . . .	3	10			

Такъ какъ въ этой таблицѣ приведены метеоры, которые по блеску были сравнимы съ наиболее яркими небесными свѣтилми, то вѣсъ менѣе яркихъ метеоровъ, очевидно, долженъ составлять лишь незначительную долю грамма. И дѣйствительно, для пяти метеоровъ, наблюдавшихся 12 ноября 1865 годѣ, А. Гершель нашелъ средній вѣсъ равнымъ всего только 0,36 грамма. Очевидно, что такія крошечныя тѣла при сильномъ натрѣваннн въ нашей атмосферѣ совершенно уничтожаются или, вѣрнѣе говоря, обращаются въ паръ, и это обстоятельство подтверждается тѣмъ, что до сихъ поръ, по крайней мѣрѣ съ достоверностью, еще ни разу не было найдено остатковъ падающихъ звѣздъ. Наконецъ, Кон-

кози и А. Гершель, изслѣдуя метеоры при помощи спектроскопа, нашли, что ядро обыкновенно даетъ сильный спектр и, следовательно, представляетъ собою раскаленную твердую массу; спектръ же хвоста состоитъ изъ свѣтлыхъ линий и, следовательно, имѣетъ характеръ спектра раскаленныхъ газовъ, и въ этомъ спектрѣ почти всегда можно замѣтить линии натрия, а иногда, именно въ случаѣ окрашенныхъ метеоровъ, бываютъ видны также линии другихъ элементовъ, напр., магнія, литія и т. д. и даже линий углеводородныхъ соединений.

Число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе нѣкотораго опредѣленнаго промежутка времени, зависитъ отъ весьма многихъ, отчасти случайныхъ обстоятельствъ, между которыми немаловажную роль играютъ индивидуальность наблюдателя, и потому мы не должны удивляться, если среднее число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, различными наблюдателями оцѣнивается весьма различнымъ образомъ, именно въ предѣлахъ отъ 6 (Кувье-Гравье) до 30 (Геррикъ). Впрочемъ, оставая въ сторонѣ необыкновенно обильные звѣздные дожди, мы все же приходимъ къ заключенію, что число наблюдаемыхъ метеоровъ въ различные дни одного и того-же года, а также въ одни и тѣ-же дни различныхъ годовъ подвержены весьма значительнымъ колебаніямъ. Что же касается всѣхъ наблюдателей, которые болѣе подробно занимались падающими звѣздами, какъ, напр.: Брандесъ, Геррикъ, Вольфъ, Кувье-Гравье, Хейстъ, Шмидтъ и др., то всѣ они замѣтили, что число падающихъ звѣздъ, начиная съ первыхъ вечернихъ часовъ, непрерывно увеличивается по мѣрѣ наступленія утра, и утромъ, напр., въ теченіе одного часа наблюдается въ три раза болѣе метеоровъ, чѣмъ вечеромъ въ теченіе того-же самого промежутка времени. Наиболее точныя изслѣдованія въ этомъ отношеніи были произведены Шмидтомъ, и въ нижеслѣдующей табличкѣ даны полученныя имъ среднія числа метеоровъ, наблюдаемыхъ въ различные часы дня въ теченіе одного часа, причемъ при выводѣ этихъ результатовъ онъ основывался на 35-лѣтнемъ рядѣ своихъ наблюденій (1842—1876) и при вычисленіи принялъ во вниманіе 7000 наблюденныхъ метеоровъ. Въ этой табличкѣ принять астрономическій счетъ часовъ, такъ что вмѣсто 1 часа ночи стоитъ 13 часовъ и т. д.

Число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа.

Ч а с ы	Число мет.	Ч а с ы	Число мет.
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	4,6	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	11,5
7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	5,6	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	13,1
8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	6,8	13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	14,4
9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	8,2	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	15,0
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	9,8	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	14,8

Среднее изъ всѣхъ этихъ чиселъ есть 10. Это значить, что въ среднемъ въ теченіе одного часа опытный наблюдатель можетъ видѣть десять метеоровъ. Но такъ какъ одинъ наблюдатель рѣдко можетъ сразу обозрѣть болѣе трети или даже четверти всего неба, то можно принять, что въ каждомъ данномъ мѣстѣ въ теченіе часа пролетаетъ отъ 30 до 40 метеоровъ. При помощи длинной цѣли остроумныхъ заключеній, излагать которыя было бы неумѣстно въ этой книгѣ, Х. А. Ньютонъ нашелъ, что число метеоровъ, видимыхъ со всей земной поверхности въ 10460 разъ превосходитъ число метеоровъ, видимыхъ въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ. Следовательно, въ теченіе часа влетаетъ въ нашу атмосферу отъ 314000 до 418000, а въ теченіе сутокъ — отъ 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 10 милліоновъ метеоровъ! При этомъ вычисленіи, конечно, были приняты во вниманіе только метеоры, видимые невооруженнымъ глазомъ; если бы мы захотѣли сосчитать также и телескопическіе метеоры, то мы должны были бы удвоить или даже утроить это, и безъ того до невѣроятности огромное число.

Согласно съ вышеприведенной табличкой наибольшее число метеоровъ наблюдается

около 15 часовъ, т. е. около трехъ часовъ утра, и это число приблизительно въ 3 или 4 раза больше числа метеоровъ, наблюдаемыхъ въ первые вечерніе часы.

Кромѣ того, еще въ 1823 году Брандесъ замѣтилъ, что осенью наблюдается большее число метеоровъ, чѣмъ весной. Это измѣненіе числа наблюдаемыхъ метеоровъ съ временами года, подмѣченное астрономомъ Вю на основаніи китайскихъ наблюдений, впоследствии было подтверждено Кувье-Гравье, Вольфомъ, Шмидтомъ и другими. На основаніи изслѣдованій Шмидта составлена приведенная ниже таблица.

Среднее число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа.

М ѣ с я ц ь .	Число мет.	М ѣ с я ц ь .	Число мет.
Январь . . . . .	8,62	Июль . . . . .	11,13
Февраль . . . . .	5,62	Августъ . . . . .	20,65
Мартъ . . . . .	6,47	Сентябрь . . . . .	9,81
Апрѣль . . . . .	6,40	Октябрь . . . . .	14,15
Май . . . . .	6,05	Ноябрь . . . . .	13,29
Июнь . . . . .	6,12	Декабрь . . . . .	12,16

Такимъ образомъ, февраль есть мѣсяць, наиболее бѣдный падающими звѣздами; вообще же, въ первой половинѣ года число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, для каждаго мѣсяца остается почти одинаковымъ и въ среднемъ составляетъ немного больше 6. Только въ концѣ іюля замѣчается быстрое увеличеніе числа падающихъ звѣздъ, и за исключеніемъ сентября мѣсяца, которому соответствуетъ вторичный, ясно выраженный минимумъ, для всей второй половины года число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, остается гораздо болѣе значительнымъ, чѣмъ для первой половины.

Средняя яркость метеоровъ, по изслѣдованіямъ Шмидта, въ теченіе цѣлаго года остается приблизительно одинаковой; точно также и въ теченіе ночи она значительно не мѣняется, и только въ утренніе часы, повидимому, наблюдаются вообще нѣсколько болѣе яркіе метеоры, чѣмъ вечеромъ.

Кромѣ часовыхъ и годичныхъ измѣненій въ числѣ метеоровъ, еще въ 1823 году Брандесъ подмѣтилъ весьма различное распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ точкѣ ихъ возгаранія; но особенно точно этотъ вопросъ былъ изслѣдованъ Шмидтомъ и Кувье-Гравье. Последний на основаніи трехлѣтнихъ наблюдений (1840—1842), охватывавшихъ крупнымъ числомъ 4400 метеоровъ, нашелъ слѣдующее распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ точкѣ ихъ возгаранія.

Направленіе.	Число мет.	Направленіе.	Число мет.
<i>N NE</i> . . . . .	16,1 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	<i>S SW</i> . . . . .	9,3 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
<i>NE—E</i> . . . . .	17,0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	<i>SW—W</i> . . . . .	5,5 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
<i>E—SE</i> . . . . .	19,6 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	<i>W—NW</i> . . . . .	6,0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
<i>SE—S</i> . . . . .	16,9 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	<i>NW—N</i> . . . . .	9,7 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>

Впрочемъ распредѣленіе путей метеоровъ по азимутамъ зависитъ также и отъ часовъ наблюденія. Такъ, метеоры, летящіе съ сѣвера, гораздо чаще встрѣчаются въ полночь, чѣмъ подъ утро; съ востока привносится больше всего метеоровъ утромъ, съ запада — вечеромъ, съ юга — опять утромъ.

Неравномерное распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ главнымъ точкамъ горизонта и суточное измѣненіе въ числѣ метеоровъ, вследствие ихъ очевидной зависимости отъ мѣста наблюденія, долгое время приводили въ смущеніе приверженцевъ космоическаго происхожденія падающихъ звѣздъ. Впрочемъ еще Брандесъ въ 1825 году нетивную причину этого замѣчательнаго и, по первому впечатлѣнію, въ высшей степени загадочнаго явленія видѣлъ въ совмѣстномъ вліяніи движенія земли и движенія метеоровъ.

Въ 1838 году Герриксъ объяснилъ это явленіе совершенно подобнымъ же образомъ. Но съ теченіемъ времени это объясненіе страннымъ образомъ было забыто, такъ что въ 1857 году Бомгауэръ снова открылъ причину интересующаго насъ явленія. Но наиболее полное, освѣщающее мельчайшія подробности объясненіе этого явленія было дано итальянскимъ астрономомъ Скиапарелли.

На основаніи наблюденій, оставшая въ сторонѣ особенные случаи въ родѣ метеорныхъ дождей, вообще мы приходимъ къ заключенію, что падающія звѣзды одинаково часто появляются во всѣхъ частяхъ неба. Вообразимъ же, что наша земля неподвижно покоится въ серединѣ этого облака метеоровъ, въ такомъ случаѣ эти послѣдніе встрѣчались бы земную поверхность равномерно со всѣхъ сторонъ. Но же самое должно имѣть мѣсто и въ случаѣ

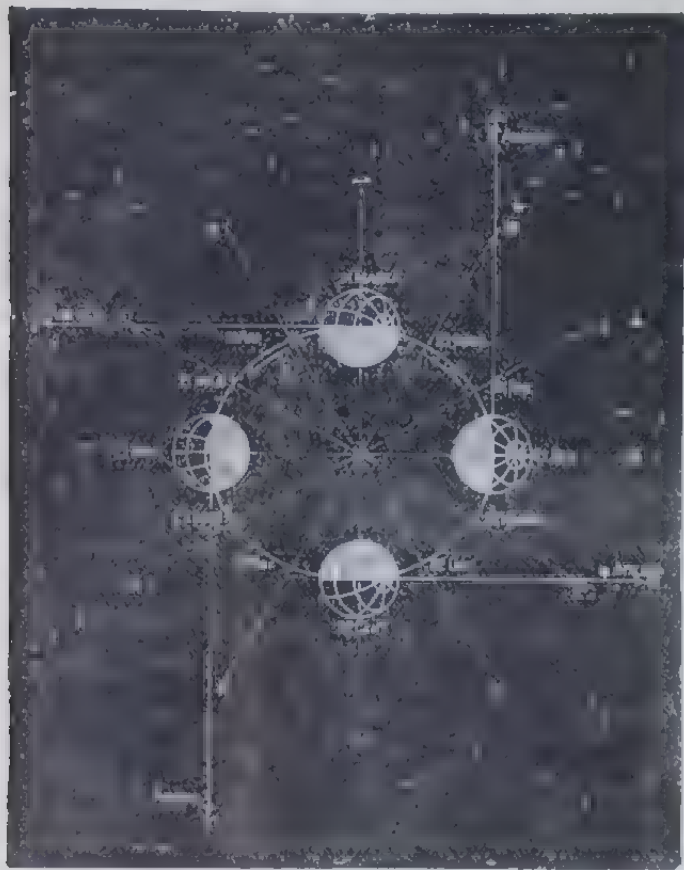


Рис. 213.

вращенія земли около оси. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ не должно быть никакого измѣненія числа метеоровъ съ часами дня. Напротивъ того, если мы допустимъ, что земля совершаетъ въ пространствѣ поступательное движеніе со скоростью, въ сравненіи съ которою скорость метеоровъ является исчезающею, то она будетъ оставлять послѣ себя, такъ сказать, пустоту, подобно нупечному ядру, продвигающему черезъ рой мухъ. Въ такомъ случаѣ всѣ удары должно получать переднее полушаріе, лежащее по направленію движенія земли. При такомъ предположеніи мы можемъ видѣть надъ полемъ звѣзды только до тѣхъ поръ, пока та точка небеснаго свода, по направленію къ которой движется земля, находится надъ горизонтомъ; съ заходомъ же этой точки подъ горизонтъ явленіе должно прекратиться. Но между збсолютнымъ покоемъ и этой необъятною огромною скоростью земли можно представить себѣ некоторое среднее (дѣйствительное) состояніе ея, при которомъ она движется въ пространствѣ со скоростью, сравнимою со скоростью метеоровъ. Въ такомъ случаѣ и по отношенію къ интересующему насъ явленію должно имѣть мѣсто некоторое среднее состояніе, а именно число метеоровъ будетъ мѣняться съ часами дня и будетъ зависеть отъ возвышенія издѣ горизонтомъ той точки неба, по направленію къ которой движется земля. Скиапарелли называетъ эту точку аперсомъ или метеороидомъ солнца. Вѣдствие гоничнаго движенія земли аперсъ совершаетъ полный оборотъ по небу въ теченіе года и притомъ постоянно находится къ западу отъ солнца въ угловомъ размѣщеніи, которое вѣдствие незначительнаго эксцентриситета земной

вращенія земли около оси. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ не должно быть никакого измѣненія числа метеоровъ съ часами дня. Напротивъ того, если мы допустимъ, что земля совершаетъ въ пространствѣ поступательное движеніе со скоростью, въ сравненіи съ которою скорость метеоровъ является исчезающею, то она будетъ оставлять послѣ себя, такъ сказать, пустоту, подобно нупечному ядру, продвигающему черезъ рой мухъ. Въ такомъ случаѣ всѣ удары должно получать переднее полушаріе, лежащее по направленію движенія земли. При такомъ предположеніи мы можемъ видѣть надъ полемъ звѣзды только до тѣхъ поръ, пока та точка небеснаго свода, по направленію къ которой

орбиты заключается въ предѣлахъ отъ  $89^{\circ}$  до  $91^{\circ}$  (рис. 213). Поэтому апексъ въ течение цѣлаго года около 6 часовъ утра находится въ верхней кульминаціи, а около 6 часовъ вечера — въ нижней. Вместе съ тѣмъ, согласно съ предыдущимъ, наибольшее число метеоровъ должно падать утромъ, а наименьшее — вечеромъ, какъ это и слѣдуетъ изъ наблюдений.

Въ промежутокъ времени отъ 6 часовъ вечера до шести часовъ утра, пока апексъ переходитъ отъ нижней кульминаціи къ верхней, онъ находится постоянно на восточной сторонѣ неба, поэтому подъ утро наибольшее число падающихъ звѣздъ должно прилетать съ востока, а наименьшее — съ запада.

Подобнымъ же образомъ можетъ быть объяснено годичное измѣненіе числа метеоровъ для сѣвернаго полушарія, какъ это впервые показалъ А. Гершель въ 1864 году. Во время весенняго равноденствія эклиптика при заходѣ солнца стоитъ весьма высоко надъ горизонтомъ, апексъ же, наоборотъ, занимаетъ весьма низкое положеніе подъ горизонтомъ. Во время восхода солнца эклиптика весьма незначительно поднимается надъ горизонтомъ, и апексъ кульминируетъ въ наименьшей возможной для него высотѣ. Поэтому весной число наблюдаемыхъ метеоровъ какъ вечеромъ, такъ и утромъ остается ниже средняго. Во время осенняго равноденствія имѣютъ мѣсто прямо противоположныя явленія. При солнечномъ закатѣ апексъ, находящійся въ созвѣздіи Рака, лежитъ не очень низко подъ горизонтомъ; напротивъ того, во время восхода солнца онъ занимаетъ весьма высокое положеніе надъ горизонтомъ. Поэтому, осенью число наблюдаемыхъ метеоровъ выше средняго.

Но все это справедливо только для сѣвернаго полушарія земли. Въ южномъ же полушаріи, какъ нетрудно понять, годичное измѣненіе числа метеоровъ должно имѣть совершенно обратный характеръ, если только выше изложенное объясненіе правильно. Чтобы повѣрить этотъ выводъ, мы можемъ воспользоваться лишь немногими наблюдениями Неймайера, которыя были произведены въ южномъ полушаріи и которыя однако не соответствуютъ вышеизложенному, такъ какъ согласно съ этими наблюдениями для южнаго полушарія большее число метеоровъ приходится также на вторую половину года, хотя разница въ числахъ и не такъ велика, какъ для сѣвернаго полушарія. Именно по наблюдениямъ Шмидта для сѣвернаго полушарія для первой половины года (январь — июнь) среднее число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа, составляетъ 6.65, а для второй половины (июль — декабрь) — 13.51. Такимъ образомъ эти числа относятся между собою приблизительно какъ 1 къ 2, число же, полученныя изъ наблюдений Неймайера, относятся между собою только какъ 1 къ 1.4. Впрочемъ наблюдения Неймайера недостаточно многочисленны для того, чтобы дать это отношеніе съ большою точностью, но во всякомъ случаѣ несомнѣннымъ является тотъ фактъ, что въ южномъ полушаріи первая половина года метеорами не богаче второй. Ниже (§ 171) мы еще вернемся къ этому вопросу; теперь же замѣтимъ, что, оставляя въ сторонѣ только что указанное несогласіе, мы при помощи вышеизложенныхъ разсужденій вообще прекрасно можемъ объяснить до мельчайшихъ подробностей периодическія измѣненія числа наблюдаемыхъ метеоровъ, такъ что эти измѣненія не только не противорѣчатъ космической теоріи происхожденія метеоровъ, но, напротивъ того, самымъ блестящимъ образомъ ее подтверждаютъ. Но этого мало. Изъ вышеизложеннаго ясно, что амплитуды суточнаго измѣненія числа метеоровъ находятся въ тѣсной зависимости отъ отношенія скорости движенія земли къ скорости движенія метеоровъ, и что поэтому на основаніи амплитуды суточнаго измѣненія, полученной изъ наблюдений, возможно сдѣлать заключеніе объ отношеніи скоростей движенія земли и метеоровъ. На этотъ путь въ 1865 году вступилъ Х. А. Ньютонъ, а въ слѣдующемъ году С. Кларелли, и такимъ образомъ они положили начало цѣлому ряду изслѣдованій, около которыхъ, какъ около центра тяжести, вращаются всѣ успѣхи метеорной астрономіи. При этомъ оба изслѣдователя пришли къ замѣчательному результату, а именно, что средняя скорость метеоровъ значительно больше скорости земли и приблизительно равна параболической

ческой скорости, или, другими словами, что метеоры совершаютъ движенія по весьма эксцентрическимъ орбитамъ, близкимъ къ параболамъ. Такимъ образомъ было положено первое основаніе предположенію о тѣсной связи метеоровъ съ кометами, которое было высказано уже Хладви и которое злѣмъ все болѣе и болѣе укрѣплялось въ умѣхъ астрономовъ. Знаменитый итальянскій астрономъ Скиапарелли дополнилъ этотъ результатъ новымъ рядомъ остроумныхъ соображеній относительно космическаго происхожденія метеоровъ. Но чтобы лучше понять его разсужденія, необходимо прежде всего нѣсколько подробнѣе остановиться на такъ называемыхъ периодическихъ метеорныхъ потокахъ.

§ 169 **Спорадическіе метеоры и періодическіе метеорные потоки.** Если мы станемъ удѣлять болѣе вниманія наблюденіямъ падающихъ звѣздъ, то мы очень скоро замѣтимъ, что отдѣльныя ночи отличаются особеннымъ богатствомъ метеоровъ. Великолѣпное зрѣлище этого рода наблюдали Гумбольдтъ и Бопланадъ ночь утро 12 ноября 1799 года въ Куманѣ, именно съ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> часовъ ночи они насчитали нѣсколько тысячъ метеоровъ на восточной части неба, причемъ все они имѣли одинаковое направленіе съ сѣвера на югъ. Когда это явленіе достигло наибольшаго развитія, то все небо почти непрерывно представлялось сплошь покрытымъ падающими звѣздами, съ дальнѣйшимъ наступленіемъ сумерекъ великолѣпнѣе этого явленія постепенно уменьшалось, но тѣмъ не менѣе еще черезъ четверть часа послѣ восхода солнца можно было замѣтить нѣкоторые наиболѣе яркіе метеоры. Впрочемъ это явленіе наблюдалось не въ одной только Куманѣ. Гумбольдтъ собралъ все извѣстія объ этомъ метеорномъ потокѣ и убѣдился, что это явленіе наблюдалось по всей Америкѣ, отъ экватора до Нейхеренхута въ Гренландіи; даже въ Германіи въ эту ночь падало съ неба несомнѣнно большое число метеоровъ. Такимъ образомъ, вся область, съ которой наблюдалось это явленіе, охватываетъ приблизительно 55 миліоновъ квадратныхъ километровъ. Въ 1823 году ночь утро 13 ноября въ Европѣ снова наблюдалось большое число падающихъ звѣздъ, и то же самое повторилось въ 1832 году въ ту же ночь. Въ слѣдующемъ же году въ ночь съ 12 на 13 ноября Ольмстедъ и Пальмеръ въ Влестенѣ отметили такой обильный дождь падающихъ звѣздъ, который по своему великолѣпію затмилъ все предшествующіе дожди. При этомъ метеоры, на подобіе ракетъ, вылетали постоянно изъ одной точки и при томъ въ такомъ большомъ числѣ, что вся картина напоминала собою паденіе снѣга, и почти все небо казалось огненнымъ. Еще въ шесть часовъ утра, когда явленіе уже значительно потеряло въ своей яркости, одинъ наблюдатель въ Бостонѣ въ небольшой части, составляющей только одну десятую всего неба, насчиталъ 650 падающихъ звѣздъ въ теченіе четверти часа, такъ что въ теченіе тѣхъ девяти часовъ, пока длилось это явленіе, надъ горизонтомъ Бостона на всемъ небѣ должно было появиться гораздо болѣе 250000 метеоровъ. Это явленіе во всемъ своемъ величіи наблюдалось на обширномъ пространствѣ въ 6 миліоновъ квадратныхъ километровъ. Такъ какъ уже неоднократно въ этотъ день наблюдалось весьма многочисленное паденіе метеоровъ, то Ольмстедъ и Пальмеръ пришли къ заключенію, что это есть періодическое явленіе, ежегодно повторяющееся въ ту же самую ночь, и справедливость такого заключенія была подтверждена наблюденіями слѣдующихъ годовъ. Такъ, напр., 13 ноября 1838 года К. Литровъ въ Вльнѣ въ теченіе 6 часовъ, начиная съ полуночи, насчиталъ вылетѣть съ нѣсколькими мощными 1002 метеора.

Послѣ того какъ была обнаружена періодичность этого метеорнаго потока, Ольберсъ обратилъ вниманіе на то, что съ 10 по 12 августа по ночамъ также уже неоднократно и болѣе или менѣе значительное число падающихъ звѣздъ. И въ самомъ непродолжительномъ времени бл—одри изслѣдованіямъ Кетеле (Quetelet), была установлена періодичность метеорнаго потока, наблюдаемаго въ эти дни. Еще самое должно сказать относительно метеорнаго потока, наблюдаемаго въ ночи съ 20 до 24 апрѣля и т. т.

Метеоры принадлежашіе къ какому либо періодическому потоку, отличаются отъ



метеоровъ, наблюдаемыхъ въ обыкновенныя ночи, тѣмъ, что они оказываются весьма сходными между собою по своимъ отличительнымъ признакамъ, какъ то по цвѣту, величинѣ, продолжительности паденія и т. д. Кроме того, они не совершаютъ движенія по небу безъ всякой правильности, по всевозможнымъ направленіямъ, но описываютъ пути, которые, при продолженіи въ обратную сторону, пересѣкаются приблизительно въ одной точкѣ, такъ называемомъ радіантѣ, положеніе котораго по отношенію къ неподвижнымъ звѣздамъ не мѣняется съ теченіемъ времени. Это обстоятельство въ высшей степени важно. Происхожденіе радіанта можетъ быть объяснено только тѣмъ, что группа метеоровъ движется по направленію къ намъ по параллельнымъ путямъ. Въ этомъ случаѣ, по правиламъ перспективы, все метеоры должны казаться выходящими изъ одной точки, которая и есть не что иное, какъ радіантъ; совершенно то же самое мы наблюдаемъ въ томъ случаѣ, когда нѣсколько рядовъ деревьевъ разсѣчены параллельными линиями: все эти ряды кажутся намъ выходящими изъ одной и той же точки. \* Для большей наглядности обратимся къ рисункамъ 214 и 215. Положимъ, что кругъ, изображенный на рис. 214, представляетъ землю, и что наблюдатель находится въ точкѣ *O*. Такой наблюдатель будетъ видѣть метеоръ *a* сначала въ точкѣ 1, въ слѣдующій моментъ въ точкѣ 2, затѣмъ въ точкахъ 3, 4 и т. д. Такимъ образомъ, если наблюдатель будетъ все время слѣдить за

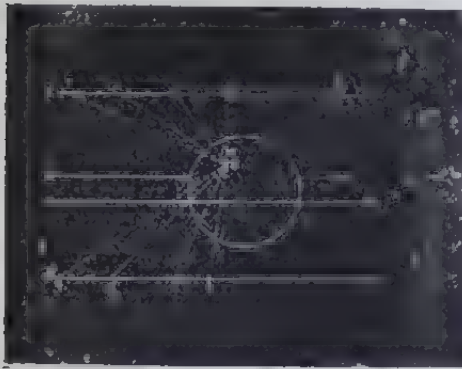


Рис. 214.

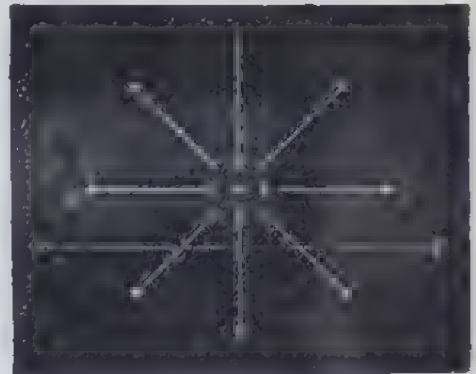
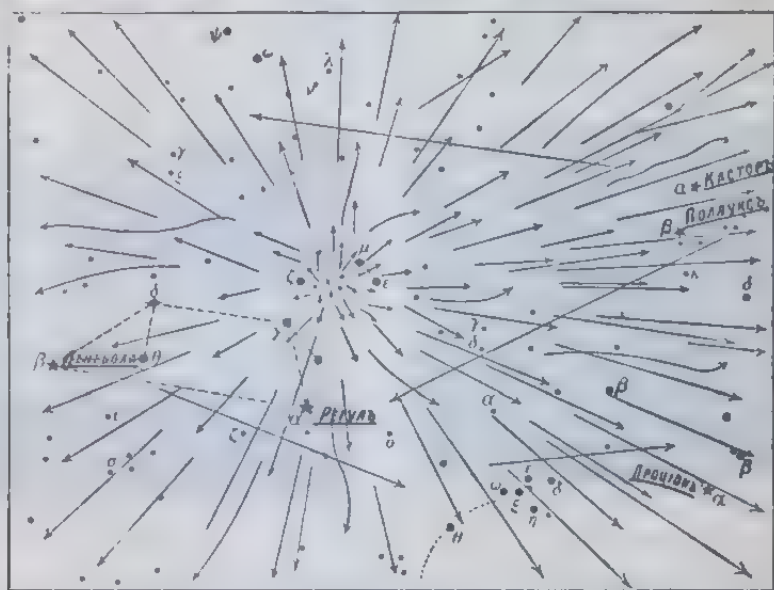


Рис. 215.

этимъ метеоромъ, то онъ съ теченіемъ времени будетъ видѣть его все на бѣльшей и бѣльшей высотѣ надъ горизонтомъ, какъ это ясно слѣдуетъ изъ рисунка 214. Поэтому такой метеоръ будетъ казаться наблюдателю восходящимъ снизу вверхъ по отвѣсной линіи, какъ это указано на рис. 215 стрѣлкой *a*. Подобнымъ же образомъ метеоръ *d* (рис. 214) для наблюдателя, находящагося въ точкѣ *O*, будетъ постепенно занимать положенія 1, 2, 3, 4 и т. д. и вслѣдствіе этого будетъ казаться перемѣщающимся сверху внизъ, какъ это указано на рис. 215 стрѣлкой *d*. Далѣе, метеоръ *b* (рис. 214) сначала будетъ представляться наблюдателю летящимъ по прямому направленію, а затѣмъ, чтобы слѣдить за нимъ, наблюдателю придется поворачиваться все болѣе и болѣе въ правую сторону. Поэтому видимый его путь представится на рис. 215 стрѣлкой *b*. Такимъ же образомъ можно разсмотрѣть движеніе метеора *c* и другихъ промежуточныхъ метеоровъ. Въ такомъ случаѣ мы легко убѣдимся, что истиннымъ путямъ метеоровъ, представленнымъ на рис. 214, будутъ соответствовать видимые пути, изображенные на рис. 215. \*

Такимъ образомъ, на основаніи вышеназложеннаго мы можемъ заключить, что въ нѣкоторыя ночи метеоры тысячами движутся въ мировомъ пространствѣ по одному и тому же направленію и описываютъ вокругъ солнца орбиты, которыя земля пересѣкаетъ въ нѣкоторой определенной точкѣ, и при прохожденіи потока метеоровъ черезъ эту точку часть ихъ, вступивше вътрѣчн съ земной атмосферой, уничтожается. Метеоры, принадле-

жачіе къ такимъ періодически возвращающимся потокамъ, называются періодическими или систематическими, въ отличіе отъ отдельно появляющихся метеоровъ, которые носятъ названіе спорадическихъ. Впрочемъ новѣйшія изслѣдованія показали, что собственно каждую ночь можно подмѣтить нѣсколько радіантовъ, относительно которыхъ отдельные метеоры распределены довольно равномерно, и что, слѣдовательно, только на первый взглядъ они представляются пересѣкающими небо безъ всякой правильности. Подобныя изслѣдованія между прочимъ замысь тщательнымъ образомъ были сдѣланы Шмидтомъ. Изъ его изслѣдованій оказалось, что въ среднемъ въ часъ можно замѣтить три или четыре радіанта. Кроме того онъ подмѣтилъ годовой и суточный періоды, а именно, въ первую половину года, соотвѣтственно малому числу метеоровъ, можно наблюдать въ часъ только отъ 2 до 3 радіантовъ, а во вторую половину года отъ 4 до 5. Точно также въ вечерніе часы наблюдается въ среднемъ только 2 радіанта въ часъ, а въ утренніе часы—по крайней мѣрѣ 4, и кроме того въ поздніе часы ночи изъ отдельныхъ радіантовъ вылетаетъ большее число метеоровъ, чѣмъ въ ранніе, и притомъ утромъ приблизительно въ два раза



Фиг. 216.

больше, чѣмъ вечеромъ, что и находится въ полномъ согласіи съ значительнымъ увеличеніемъ числа метеоровъ по мѣрѣ наступленія утра.

На основаніи вышесказаннаго, вѣроятно, всѣ метеоры принадлежатъ къ тѣмъ или другимъ метеорнымъ потокамъ, которые впрочемъ вообще представляются гораздо болѣе разбѣженными, чѣмъ періодическіе потоки въ собственномъ смыслѣ этого слова. Наиболѣе замѣчательные изъ періодическихъ потоковъ въ сѣверномъ полушаріи неба наблюдаются въ слѣдующія эпохи.

1. Января 1—3. Радіантъ лежитъ около звѣзды  $\epsilon$  Геркулеса.
2. Апрѣля 12—13. Радіантъ расположенъ къ югу отъ  $\beta$  Лиры.
3. Апрѣля 19—23. Богатый потокъ съ нѣсколькими радіантами. Главный радіантъ лежитъ около  $\alpha$  Лиры.
4. Июля 26—29. Богатый потокъ съ нѣсколькими радіантами, изъ которыхъ главный лежитъ въ созвѣздіи Лебедя.
5. Августа 9—13. Этотъ потокъ упоминался уже выше, онъ извѣстенъ также подъ именемъ потока св. Лаврентія, весьма богатъ метеорами, характеризуется нѣсколькими

радиантами, изъ которыхъ главнѣйшій лежитъ около  $\gamma$  Персея. Съ середины июля до середины августа вообще наблюдается весьма значительное увеличение числа падающихъ звѣздъ.

6. Октябр. 19—25. Иногда наблюдаются довольно обильныя метеорныя дожди, во время которыхъ метеоры вылетаютъ изъ той части неба гдѣ находятся звѣзды  $\alpha$  Орiona,  $\beta$  Тельца и  $\beta$  Близнецовъ.

7. Ноября 13—14. Этотъ потокъ упоминается уже выше, онъ носитъ названіе потока Леонидовъ. Радиантъ лежитъ между звѣздами  $\gamma$  и  $\mu$  Льва. \* Этотъ радиантъ изображенъ на рис. 216. \*

8. Въ настоящее время ноября 23, прежде — Ноября 27—29. Радиантъ лежитъ въ созвѣздіи Андромеды.

9. Декабря 6—13. Радиантъ расположенъ около звѣзды  $\beta$  Близнецовъ.

Относительно болѣе обильныхъ метеорныхъ потоковъ южнаго полушарія мы до сихъ поръ знаемъ очень немного, такъ какъ кромѣ многочисленныхъ наблюденій Пеймалера, обработанныхъ Хейсомъ, въ нашемъ распоряженіи не имѣется другихъ цѣнныхъ рядовъ наблюдений. Сопоставя съ наблюденіями Пеймалера, болѣе или менѣе значительное число метеоровъ въ южномъ полушаріи приходится на слѣдующія эпохи: отъ 28 января до 2 февраля, отъ 12 до 15 мая, на середину мая, на начало юня, отъ 28 юля до 2 августа, отъ 5 до 7 августа и отъ 18 до 25 декабря. Эпоха отъ 28 юля до 2 августа, повидимому, является эпохой наибольшаго числа метеоровъ въ южномъ полушаріи, и указаніе на это можно найти въ случайныхъ замѣткахъ въ путешествіи путешественниковъ. Такъ, Россъ въ своемъ отчетѣ объ экспедиціи къ южному полюсу гласитъ слѣдующее замѣчаніе, касающееся этого вопроса «28—29 юля 1840 года можно было видѣть большое число метеоровъ, пересѣкавшихъ небо по всемъ направленіямъ». Точно также Крульсъ въ 1881 году наблюдалъ въ Рио-Жанейро между 25 и 30 юля весьма значительное число метеоровъ, которые по болѣе части вылетали изъ той части неба, гдѣ находится звѣзда Фомальгаутъ ( $\alpha$  Южной Рыбы).

Такъ какъ въ иные годы періодическіе метеорныя дожди представляли въ южномъ смыслѣ слова необычайное явленіе, то съ полнымъ правомъ можно было предположить, что въ древнихъ историческихъ источникахъ найдутся сообщенія о такого рода небесныхъ явленіяхъ, имѣвшихъ мѣсто въ прежніе вѣка. Относительно падающихъ звѣздъ, совершенно такъ же, какъ и относительно кометъ, наиболѣе богатый матеріалъ доставили китайскіе анналы, послѣ того какъ они, благодаря обработкѣ Бюа, сдѣлались общедоступными. Въ такомъ образѣ мало-по-малу собраны данныя относительно древнихъ метеорныхъ потоковъ Х. А. Пьютонъ въ 1863 году, для болѣе удобнаго сравненія ихъ между собою, привелъ къ равноденствію 1850 года, и при томъ онъ между прочимъ привелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что упомянутый выше въ пунктѣ 3 апрѣльскій метеорный потокъ можно прослѣдить до 687 года до начала нашего лѣтосчисленія. Инже, когда мы будемъ говорить о некоторыхъ отдельныхъ метеорныхъ потокахъ, намъ еще неоднократно придется возвращаться къ этой важной работѣ.

Здѣсь вполнѣ уместно сказать нѣсколько словъ о способахъ наблюденія падающихъ звѣздъ. Обыкновенно способъ наблюденія заключается въ томъ, что начало и конецъ видимой пути метеора наносится на звѣздную карту, и Британское Общество, Хейсъ, Гекъ, Лоренцони и др. издали карты, построенныя въ различныхъ проеціяхъ специально для этой цѣли. Въмѣсто этого способа К. Лигровъ въ 1837 году ввелъ на Вилнскій обсерваторіи другой способъ наблюденія, по которому метеоры наблюдаютъ при помощи малата геодалита съ дѣльными только отъ одного до одного градуса, снабженнаго вмѣсто трубы простымъ приспособленіемъ для визирования и названнаго самимъ Лигровымъ метеороскопомъ. Многочисленныя наблюденія метеоровъ, произведенныя при помощи такого рода инструментовъ съ 1837 до 1841 годъ показали цѣлесообразность также и

этого способа наблюдений. Поэтому Э. Вейс, записавшись въ 1866 году изученіемъ метеорныхъ потоковъ, снова вернулся къ этому способу наблюдений и такимъ образомъ, при содѣйствіи нѣсколькихъ студентовъ Высшей Школы въ Вѣнѣ, въ теченіе небольшого числа лѣтъ опредѣлилъ около 10 000 орбитъ метеорныхъ потоковъ. Главная выгода этого способа наблюдений состоитъ въ томъ, что онъ не требуетъ никакого предварительнаго упражненія для получения наиболее надежныхъ результатовъ, между тѣмъ какъ при нанесеніи путей метеоровъ на карты, особенно въ наиболее богатыхъ звѣздами мѣстахъ неба, весьма легко можетъ перебраться звѣзды неслѣй, кто предварительно не ознакомился въ совершенствѣ со звѣзднымъ небомъ.

§ 170. Происхожденіе метеорныхъ колецъ. Выше мы уже указали на то, что не только периодическіе, но также и такъ называемые спорадическіе метеоры собственно принадлежатъ къ цѣлымъ системамъ метеоровъ, т.-е. представляютъ собою системы небольшихъ тѣлецъ, которыя обращаются около солнца по одинаковымъ орбитамъ. Точное изслѣдованіе вопроса относительно суточного замѣненія числа метеоровъ кромѣ того привело Ньюговы и Скиапарелли къ убѣжденію, что орбиты метеоровъ обладаютъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ и, слѣдовательно, весьма сходны съ орбитами кометъ. Наконецъ раданги довольно равномерно распределены по небу, и это обстоятельство указываетъ на то, что орбиты метеоровъ наклонены къ эклиптикѣ подъ всевозможными углами. Такимъ образомъ, и въ этомъ отношеніи метеоры весьма сходны съ кометами, и потому безъ труда можно допустить, что метеоры, подобно кометамъ, получили свое начало въ мировомъ пространствѣ, внѣ солнечной системы. Подобныя соображенія побудили Скиапарелли въ концѣ 1866 года предложить слѣдующую теорію.

Легко можно допустить, что внѣ нашей планетной системы находятся скопленія маленькихъ небесныхъ тѣлецъ, которыя могутъ происходить въ небесномъ пространствѣ благодаря мѣстному концентрированію матеріи, на подобіе образованія кристалловъ или жидкостей, и которыя могутъ быть названы космическими облаками. Если такое космическое облако влетѣтъ въ сферу притяженія нашего солнца, то, какова бы ни была его первоначальная форма, оно при приближеніи къ солнцу, какъ это доказалъ Скиапарелли, должно растянуться въ длинный параболическій потокъ съ сравнительно незначительнымъ поперечнымъ сѣченіемъ, и, смотря по обстоятельствамъ, могутъ потребоваться тоды, столѣтія и даже тысячелѣтія для того, чтобы такой потокъ, частичка за частичкой, прошелъ весь черезъ перигелій. Изъ этихъ потоковъ, съ которыми встрѣчается земля при своемъ годичномъ движеніи, мы наблюдаемъ какъ потоки метеоровъ, вылетающихъ изъ опредѣленной точки небеснаго свода.

Число метеорныхъ потоковъ, которые пересѣкаютъ нашу солнечную систему на всевозможныхъ разстояніяхъ и по всевозможнымъ направленіямъ, по всей вѣроятности, весьма велико. При этомъ приходится допустить необыкновенно разрыхленное состояніе вещества, изъ котораго состоятъ эти потоки; иначе нельзя было бы объяснить, почему они, при взаимной встрѣчѣ, не оказываютъ другъ на друга никакого возмущающаго вліянія.

Послѣ прохожденія черезъ перигелій параболическіе потоки возвращаются въ мировое пространство болѣе разрыхленными, чѣмъ были до прохожденія черезъ перигелій. При этомъ если потокъ проходитъ вблизи какой-нибудь планеты, то могутъ произойти весьма сильныя возмущенія и даже отдѣленіе нѣкоторыхъ метеоровъ, которые начинаютъ двигаться по особеннымъ орбитамъ. Такие метеоры собственно и слѣдуетъ разсматривать какъ спорадическіе.

Впрочемъ сходство между метеорными потоками и кометами такъ велико, что самъ собою напрашивается вопросъ, не существуютъ ли смѣшанныя системы, въ которыхъ облако метеоровъ группируется около одного или нѣсколькихъ болѣе значительныхъ ядеръ, т.-е. около одной или нѣсколькихъ кометъ. Вполнѣ ясно, что, если такая смѣшанная система, влѣдствіе притягательнаго дѣйствія солнца, попадетъ въ нашу планетную систему,

то орбита, описываемая главнымъ тѣломъ, будетъ мало отличаться отъ параболы, по которой расположены маленькія тѣльца; поэтому, если мы встрѣлимъ метеорный потокъ, парабола котораго по величинѣ и положенію тождественна съ параболической орбитой какой-нибудь кометы, то такая комета, очевидно, представляетъ составную часть этого потока, одинъ изъ его элементовъ.

Руководимый этими мыслями, Скиапарелли вычислилъ по способу, предложенному Эрманомъ еще въ 1839 году, орбиту метеорнаго потока, наблюдаемаго 10 августа, котораго по имени созвѣздія, гдѣ лежитъ его радіантъ, былъ названъ потокомъ Персеидъ. Если известны направленіе и величина абсолютнаго движенія земли, если далѣе положимъ, что потокъ Персеидъ движется по параболической орбитѣ, и допустимъ, что направленіе огвосительнаго движенія земли по отношенію къ потоку метеоровъ определяется радіантомъ, то отсюда мы можемъ вычислить направленіе абсолютнаго движенія потока Персеидъ въ пространство, т. е. положеніе касательной къ описываемой этимъ потокомъ параболѣ въ точкѣ ея соприкосновенія съ землей. Фокусъ (въ данномъ случаѣ центръ солнца), точка касанія и касательная вполнѣ опредѣляютъ параболу. Принимая по А. Гершелю за координаты радіанта  $\alpha = 44'$  и  $\delta = -56'$  ( $\alpha$  — прямое восхожденіе,  $\delta$  — склоненіе) и полагая далѣе, что наибольшее число метеоровъ (прохожденіе земли черезъ нисходящій узелъ орбиты) приходится на 1866 годъ, 11 августа, 6 часовъ утра, мы находимъ нижеслѣдующіе элементы, причемъ мы совершенно отбрасываемъ время прохожденія черезъ перигелій, какъ такой элементъ, который для настоящаго изслѣдованія не имѣетъ никакого значенія.

Э л е м е н т ы .

	Потока Персеидъ 1866 года.	Кометы 1862 III.
Долгота перигелія . . . . .	292° 54'	290° 13'
Долгота восходящаго узла . . . . .	138 16	137 27
Наклонность . . . . .	115 57	113 55
Разстояніе перигелія отъ солнца . . . . .	0,9643	0,9626
Время обращенія . . . . .	—	123,4 года.

Такимъ образомъ Скиапарелли убѣдился, что большая комета 1862 III представляетъ составную часть потока Персеидъ, какъ это ясно слѣдуетъ изъ сравненія элементовъ потока съ элементами кометы, для большей наглядности также приведенными въ предыдущей табличкѣ; оба эти системы элементовъ отличаются другъ отъ друга на величинны, которыя легко могутъ быть объяснены незначительною точностью въ опредѣленіи положенія радіанта.

Этотъ бросающійся въ глаза примѣръ связи метеоровъ съ кометами во всякомъ случаѣ не является единственнымъ. Такъ, Скиапарелли вычислилъ еще орбиту ноябрьскаго потока и, принимая во вниманіе необъясненно обильныя паденія метеоровъ въ 1799, 1833 и 1866 годахъ, допустилъ, что время обращенія этого потока равняется 33,3 годамъ. При этомъ, согласно съ наблюденіями Ольмстедта въ 1833 году, онъ принялъ, что радіантъ этого потока лежитъ около звѣзды  $\gamma$  Льва, и кромѣ того предположилъ, что прохожденіе земли черезъ нисходящій узелъ орбиты потока имѣло мѣсто въ полночь 13-го сентября. Такимъ образомъ онъ получилъ систему элементовъ, обозначенную въ нижеслѣдующей табличкѣ римскою цифрою I. Но когда, нѣсколько недѣль спустя, стались извѣстными англійскія наблюденія великолѣпнаго метеорнаго дождя, имѣвшаго мѣсто 13 ноября 1866 года, то на основаніи этихъ наблюденій для положенія радіанта получился результатъ, отклоняющійся отъ прежняго болѣе, чѣмъ на 6°, и кромѣ того оказалось, что эпоха наибольшаго развитія явленія приходилась на 14-ое ноября, 1 часъ 11 мин. утра средняго Гринвичскаго времени. Скиапарелли съ этими новыми данными

опять вычислилъ орбиту ноябрьскаго потока, который по положенію радіанта называется потокомъ Леонидовъ, и нашёл систему элементовъ, обозначенную въ нижеслѣдующей таблицѣ римскою цифрою II. Въ этой же таблицѣ для сравненія даны элементы кометы 1866 I.

	Э л е м е н т ы.		
	Потока Леонидовъ 1866 года.		Кометы 1866 I
	I	II	
Долгота перигелия . . . . .	31 <sup>o</sup>	46 <sup>o</sup> 30',5	42 <sup>o</sup> 24,2'
Долгота восх. узла . . . . .	231	231 28,2	231 26,1
Наклонность . . . . .	165	162 15,5	162 41,9
Расстояние перигелия отъ солнца .	0,96	0,9873	0,9765
Эксцентриситетъ . . . . .	0,91	0,9046	0,9054
Время обращенія . . . . .	33,3 года	33,25 года	33,176 года

Сначала связь потока Леонидовъ съ кометою 1866 I ускользнула отъ вниманія Скиапарелли, потому ли, что согласіе элементовъ показалась ему недостаточно удовлетворительнымъ, или же, можетъ быть, потому, что въ списокъ кометъ, которымъ онъ пользовался, совсемъ не было элементовъ этой кометы. Только послѣ вторичнаго вычисленія орбиты потока Леонидовъ онъ замѣтилъ эту связь уже послѣ того, какъ на это обратили вниманіе Петерсъ и Опольцеръ.

Несмотря на все остротѣ теории Скиапарелли и несмотря на то, что припомощи нея можно было съ успѣхомъ указать на двѣ кометы, тѣсно связанныя съ метеорными потоками, Э. Вейсъ еще въ 1867 г. показалъ, что она не соответствуетъ природѣ дѣйствительно метеорныхъ потоковъ, за исключеніемъ можетъ-быть, одного или двухъ необыкновенно большихъ метеоровъ, вообще отличяется настолько сильнымъ разбѣженіемъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ массъ отдѣльныхъ метеоровъ въ среднемъ настолько мала (§ 168), что космическое облако, если оно обращается въ параболическій потокъ метеоровъ, должно было бы обладать весьма незначительною плотностью, и даже въ глубинахъ небснаго пространства внутреннее притяженіе отдѣльныхъ частичекъ было бы значительно меньше, чѣмъ разбрасывающее дѣйствіе собственныхъ звѣздъ. Такъ какъ при такихъ обстоятельствахъ космическое облако не обладаетъ устойчивостью, то въ мировомъ пространствѣ, очевидно, и не можетъ быть подобныхъ образований; поэтому на комету мы должны смотрѣть не какъ на составныя части метеорнаго облака, но скорѣе какъ на первоначальницъ метеорныхъ потоковъ, которые образуются черезъ распаденіе кометъ уже въ предѣлахъ нашей солнечной системы. Этому предположенію соответствуютъ также и выше упомянутые примѣры связи кометъ съ метеорами, такъ какъ объ указанія въ этихъ примѣрахъ кометы принадлежать къ числу кометъ съ короткимъ сравнительно временемъ обращенія, и вообще можно допустить, что эти кометы измѣнили свои первоначальныя параболическія орбиты на эллипическія только вѣдѣтвие возмущающаго дѣйствія какой нибудь планеты. При такомъ предположеніи распаденіе метеорнаго облака можетъ имѣть мѣсто только послѣ того, какъ орбита кометы уже преобразовалась въ новую, описываемую кометою и въ настоящее время, такъ какъ возмущающая планета могла бы только весьма незначительную часть метеорнаго потока заставить перенестись по новой орбитѣ. Скиапарелли также призналъ доказательность этихъ разсужденій и въ позднѣйшихъ работахъ отказался отъ своихъ первоначальныхъ соображеній и принялъ гипотезу Э. Вейса.

Э. Вейсъ между тѣмъ сдѣлалъ еще одинъ шагъ впередъ. Если его взгляды вѣрны, то не только каждая периодическая комета должна давать начало кольцу метеоровъ, но также всѣ периодические метеорные потоки вообще должны быть обязаны своимъ происхожденіемъ перенѣсно земной орбиты съ орбитами периодическихъ кометъ. Руководимый такимъ ходомъ мыслей, Э. Вейсъ вычислялъ радиусы-векторы для времени прохожденія черезъ

плоскость эклиптики для тѣхъ кометъ, узлы которыхъ соответствуютъ долготамъ земли въ эпохи наиболѣе обильныхъ периодическихъ метеорныхъ дождей (§ 169). Такимъ образомъ онъ тотчасъ же нашелъ еще двѣ кометы, опять периодическія и притомъ съ короткимъ временемъ обращенія, которыя въ вихоцищемъ узлѣ пересѣкають земную орбиту тамъ, гдѣ мы ежегодно 20 апрѣля и въ концѣ ноября встрѣчаемъ весьма обильные метеорные потоки. Это были комета 1861 I и комета Виллы. Кроме этихъ двухъ кометъ и двухъ кометъ, упомянутыхъ уже выше, нѣкоторое время съ полною достоверностію не могли указать ни одной, которая бы находилась въ связи съ какимъ нибудь метеорнымъ потокомъ. Но впоследствии не только самъ Э. Вейсъ распространилъ свои изслѣдованія на всѣ кометы, которыя вообще значительно приближаются къ земной орбитѣ, но тѣмъ же вопросомъ занимались также Склянпарелли, А. Гершель и другіе, и такимъ образомъ было найдено еще 12 кометъ, которыя съ большею или меньшею вѣроятностію могли быть послѣдствены въ связи съ метеорными потоками. Болѣе или менѣе сомнительное установленіе этой связи объясняется отчасти незначительною точностію, съ которою въ большинствѣ случаевъ мы знаемъ положеніе радіанговъ, отчасти неточностію элементовъ древнихъ кометъ.

§ 171. Положеніе кометъ и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ. Здѣсь вполне уместно нѣсколько подробнѣе разсмотрѣть интересный вопросъ о положеніи кометъ въ нашей солнечной системѣ.

Съ тѣхъ поръ какъ Кантъ и послѣ него Лапласъ предложили знаменитую гипотезу о происхожденіи нашей солнечной системы изъ первичной туманности (часть III, § 100), гипотезу, въ которой совершенно не было обращено вниманія на кометы, вѣтъ свѣтила вообще смотрѣли какъ на небесныя тѣла, блуждающія въ теченіе безконечнаго числа тысячелѣтій отъ одной звѣздной системы къ другой. Противъ этого взгляда впервые выступилъ съ нижеизложенными возраженіями Горнштейнъ. Орбиты большей части кометъ имѣютъ почти въ точности параболическую форму; далѣе, нѣкоторыя кометы, которыя уже сдѣлались постоянными членами нашей солнечной системы, описываютъ вокругъ солнца эллипсы съ довольно короткимъ временемъ обращенія, и изъ весьма немногихъ кометъ, движущихся, быть можетъ, по гиперболѣ, нѣтъ ни одной, для которой гиперболическая орбита значительно отличалась бы отъ параболы. Отсюда мы заключаемъ, что изъ наблюденныхъ до сихъ поръ кометъ всѣ тѣ, которыя весьма значительно удаляются за предѣлы нашей планетной системы, на огромныхъ отъ насъ разстояніяхъ обладаютъ настолько малою скоростью, что кажутся намъ почти стоящими неподвижно; иначе говоря, ихъ относительная скорость по отношенію къ солнцу, при значительномъ ихъ удаленіи отъ этого послѣдняго, дѣлается исчезающею малою. Однако самое солнце мы огню не можемъ считать неподвижнымъ въ пространствѣ, наоборотъ, оно, какъ это будетъ доказано ниже (§ 181), обладаетъ довольно значительнымъ собственнымъ движениемъ и въ настоящее время движется по направленію къ созвѣзтію Геркулеса. И остальные звѣзды, подобно солнцу, также обладаютъ собственнымъ движениемъ, и многія обстоятельства, повинуящому, указываютъ на то, что все окружающее насъ звѣздное небо, включая сюда, быть можетъ, и самый млечный путь, представляетъ одну большую систему, отдельные члены которой совершаютъ движеніе около общаго центра тяжести. Но при такомъ движеніи скорость и направленіе движенія для нашего солнца должны быть приблизительно такія же, какъ для сосѣднихъ звѣздъ. Поэтому, кометы, если онѣ на большомъ разстояніи отъ солнца находятся почти въ покоѣ по отношенію къ этому послѣднему, въ дѣйствительности должны обладать приблизительно такимъ же абсолютнымъ движениемъ, какъ и само солнце; а отсюда слѣдуетъ, что кометы принимаютъ участіе въ общемъ движеніи всей звѣздной системы, къ которой принадлежитъ также и наше солнце, и не обладаютъ никакимъ другимъ движениемъ. Дѣйствительно, если бы онѣ обладали

какимъ нибудь другимъ движеніемъ, то, вступая къ нашу солнечную систему, онѣ имѣли бы значительную относительную скорость по отношенію къ солнцу, и вълѣдствіе этого ихъ орбитами были бы гиперболы, сильно отличающіяся отъ параболъ. Поэтому кометы, повидимому, являются не столько членами нашей солнечной системы, сколько скорѣе членами болышой системы такъ называемыхъ неподвижныхъ звѣздъ.

Точно также и Скианарелли при помощи соответственныхъ изслѣдованій пришелъ къ подобному же результату, за исключеніемъ впрочемъ того, что онъ разсматривалъ кометы принадлежащими не къ системѣ неподвижныхъ звѣздъ, членомъ которой является также и наше солнце, а специально къ нашей солнечной системѣ, и полагалъ, что кометы вмѣстѣ съ солнцемъ образовались изъ первичной туманности, и что онѣ постоянно сопровождаютъ солнце движась по своимъ орбитамъ. Если принять, что падающія звѣзды и метеориты вообще представляютъ продукты разложенія кометъ, то было бы вполне естественно предположить, что онѣ тоже образовались изъ той же туманности, какъ и солнце, и такимъ образомъ легко можно было бы объяснить вышеупомянутое обстоятельство (§ 167), а именно, что химическія и минералогическія свойства метеоритовъ не представляютъ ничего особеннаго сравнительно съ тѣмъ, что мы знаемъ у насъ на землѣ.

Этому взгляду Скианарелли соответствуетъ то обстоятельство, что, согласно съ новѣйшими изслѣдованіями, первоначально вообще ни одна комета, повидимому, не двигалась по гиперболической орбитѣ, и если какая нибудь комета покинула солнечную систему, двигаясь по гиперболѣ, то такой характеръ ея орбиты получила вълѣдствіе возмущеній, производимыхъ планетами. Весьма интересный примѣръ этого рода мы имѣемъ въ кометѣ, открытой Барнардомъ 3 декабря 1885 году и известной подъ названіемъ кометы 1886 II. Эту комету можно было наблюдать до 26 июля 1886 года, и въ теченіе этого времени она описала гелиоцентрическую дугу, превышающую  $180^{\circ}$ . Согласно съ обстоятельными изслѣдованіями Трена, эта комета, покидая нашу солнечную систему, описывала, правда, слабо выраженную, но во всякомъ случаѣ несомнѣнно гиперболическую орбиту, такъ что ея возвращеніе къ намъ въ будущемъ совершенно невозможно. Вычисления за прежніе годы возмущенія отъ Юпитера и Сатурна, къ которымъ эта комета подходила настолько близко что они могли оказать замѣтное вліяніе на ея движеніе. Тренъ нашелъ для эксцентриситета орбиты, который только и можетъ интересовать насъ въ этомъ случаѣ, для различныхъ эпохъ нижеслѣдующія значенія:

1885, декабря 8 . . . . .	1,00023
1884, августа 13 . . . . .	1,00018
1883, апрѣля 23 . . . . .	1,00006
1882, октября 5 . . . . .	1,000002

Это постепенное приближеніе эксцентриситета къ единицѣ показываетъ, что орбитой кометы до 5 октября 1882 года, когда ея разстояніе отъ солнца составляло 12,7 радіусовъ земной орбиты, былъ весьма вытянутый эллипсъ, и что только при прохожденіи черезъ перигелий въ маѣ 1886 г. она была выброшена изъ нашей солнечной системы вълѣдствіе возмущеній со стороны Юпитера и Сатурна.

Это прекрасное изслѣдованіе вскорѣ послѣ того было дополнено астрономомъ Фабри, который доказалъ, что за исключеніемъ нѣкоторыхъ специальныхъ случаевъ, возмущенія отъ планетъ вообще постоянно имѣютъ стремленіе увеличивать эксцентриситетъ кометныхъ орбитъ. Принимая все это во вниманіе, мы неопровержимымъ образомъ убѣждаемся въ томъ, что тѣ немногія кометы, для которыхъ вычисления съ нѣкоторою достовѣрностью даютъ слабо выраженную гиперболическую орбиту, до вступленія въ нашу солнечную систему еще не двигались по такимъ орбитамъ. Тѣмъ не менѣе, было бы весьма важно опредѣлить орбиты, которыя различныя кометы описывали до прохожденія черезъ перигелий,



такъ какъ только весомильное указаніе на то, была ли первоначальной орбитой кометы гипербола или ивътъ, можетъ двинуть впередъ рѣшене вопроса относительно происхожденія кометы и ея положенія во вселенной.

Дѣйствительно ли всѣ падающія звѣзды и метеориты представляютъ продукты разложенія кометъ, это вполнѣ определеннымъ образомъ еще не рѣшено. Въ § 168 было объяснено, что на основаніи амплитуды суточной числа метеоровъ можно сдѣлать заключеніе о скорости ихъ движенія, и что эта скорость по такому способу получалась почти равной параболической скорости. Строго говоря, если основываться на числахъ Кувье-Гравье, Шмидга и Деннига, то болѣе точное изслѣдованіе вопроса показываетъ, что суточная амплитуда въ дѣйствительности болѣе той, которая соответствуетъ параболической скорости, и что наибольшее число метеоровъ приходится на время, болѣе близкое къ полуночи, чѣмъ это должно было бы быть согласно съ вышеуказаннымъ предположеніемъ. И не только оба эти обстоятельство указываютъ на то, что скорость метеорныхъ потоковъ въ среднемъ превосходитъ параболическую скорость и, следовательно, должна быть гиперболической, но еще въ болѣе степени это подтверждается также тѣмъ, что какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріи земли, какъ это было упомянуто въ § 168, число метеоровъ въ первой половинѣ года больше, чѣмъ во второй. Воина съ объясняетъ это тѣмъ, что вѣлѣтвие движенія нашей солнечной системы по направленію къ созвѣздію Геркулеса абсолютная скорость земли при ея движеніи отъ перигея къ афелію (отъ іюля до декабря) увеличивается, при движеніи же отъ афелія до перигея (отъ января до юня), напротивъ того уменьшается и что поэтому въ земную атмосферу во вторую половину года попадаетъ болѣе метеоровъ, чѣмъ въ первую. Но это объясненіе можетъ быть принято, какъ легко видѣть, только при томъ предположеніи, что метеоры не участвуютъ въ движеніи солнечной системы, но обладаютъ отличнымъ отъ нея движеніемъ, такое объясненіе, следовательно, за родину метеоровъ принимаетъ междузвѣздное пространство. Сюда присоединяется еще то обстоятельство, что по виду между падающими звѣздами и наиболѣе яркими метеорами или такъ называемыми болидами нѣтъ никакой существенной разницы, а существуетъ лишь различіе въ величинѣ (§ 166). Но еще Скланарелли обратилъ вниманіе на то, что, согласно съ вычисленными, почти всѣ болиды обладаютъ космической скоростью, которая превосходитъ параболическую, а многочисленныя изслѣдованія проф. Нисля относительно большаго числа изоболовавшихся въ послѣднее время болидовъ придали этому результату вѣроятность, близкую къ достоверности. При такихъ условіяхъ вѣроятнѣе всего, что только тѣ метеорные потоки можно разсматривать какъ старые члены нашей солнечной системы, которые обладаютъ своимъ происхожденіемъ кометамъ; напротивъ того, на всѣ остальные метеоры, включая сюда и болиды, мы должны смѣрять въ полномъ смыслѣ слова какъ на вѣстниковъ изъ мирового пространства, которые являются къ намъ изъ самыхъ разнообразныхъ частей вселенной.

**§ 172. Подробныя свѣдѣнія о четырехъ важнѣйшихъ метеорныхъ потокахъ.** После этого отступленія, въ дополненіе къ сообщеннымъ нами выше свѣдѣніямъ о четырехъ метеорныхъ потокахъ, связь которыхъ съ кометами определена съ достоверностью, прибавимъ еще слѣдующія замѣчанія болѣе общаго интереса.

Уже въ началѣ девятнадцатаго столѣтія нѣсколько разъ были замѣчены обильные дожди падающихъ звѣздъ 20 апрѣля и въ соседніе дни. Что они возвращаются периодически, это впервые открылъ Геррикъ въ 1839 году; Ньютонъ же въ 1863 г., приведя данныя относительно древнихъ метеорныхъ дождей въ 1850 году, обнаружилъ весьма интересный фактъ, а именно, что этотъ метеорный потокъ можно прослѣдить до 687 года до начала нашего лѣточисленія. Въ нашечъ распоряженіи имѣются главнымъ образомъ слѣдующія древнія даты:

до Р. Хр. 687 марта 16 . . .	соответствует	п. Р. Хр. 1850 апр. 19,9
» » 15 » 25 . . .	» » » — »	19,6
п. Р. Хр. 582 « 31 . . .	» » » — »	18,1
» » 1093 апр. 9,6 . . .	» » » — »	20,7
» » 1094 » 10 . . .	» » » — »	20,8
» » 1095 » 9,6 . . .	» » » — »	20,2
» » 1096 » 10 . . .	» » » — »	21,3
» » 1122 » 10,6 . . .	» » » — »	20,2
» » 1123 » 11 . . .	» » » — »	20,4
» » 1803 » 19,6 . . .	» » » — »	19,9

Безъ сомнѣнія, сюда же принадлежатъ еще слѣдующія два метеорныхъ дождя, относительно которыхъ у насъ недостаетъ болѣе подробныхъ данныхъ:

п. Р. Хр. 590 передъ Пасхой или апр. 4	соответствуетъ	1850 апр. 22,1
» » » 741 » » » » 13	» » » »	28,3

Наконецъ, еще для пяти метеорныхъ дождей, имѣвшихъ мѣсто въ 538, 840, 1000, 1009 и 1158 годахъ, день ихъ появленія находится въ зависимости отъ Пасхи, и потому ошибка въ одинъ или два года, что вполнѣ возможно, влечетъ за собой значительное измѣненіе дня, въ который наблюдалось паденіе метеоровъ. Если вмѣсто вышеприведенныхъ годовъ мы примемъ по порядку 536, 842, 1002, 1010 и 1160, то, послѣ приведенія къ 1850 году, этимъ годамъ соответствовали бы дни: апрѣля 18,9, 20,4, 20,4, 19,4, 18,9, и въ такомъ случаѣ эти даты могли бы относиться къ апрѣльскому потоку.

Геррикъ вычислилъ, что радиантъ этого потока лежитъ вблизи звезды Веги. Наибыя болѣе точныя опредѣленія даютъ для положенія этого радианта слѣдующія координаты:  $\alpha = 278^{\circ},7$  и  $\delta = 33^{\circ},0$  ( $\alpha$  — прямое восхожденіе,  $\delta$  — склоненіе). Пользуясь этимъ положеніемъ радианта, Э. Везель получивъ слѣдующую систему элементовъ апрѣльскаго потока:

	Э л е м е н т ы		
	Апрѣля 20. Метеорный потокъ	Комета 1861 I	Апрѣля 13. Метеорный потокъ
Долгота перигелия . . . . .	228 <sup>o</sup> ,7	243 <sup>o</sup> ,2	234 <sup>o</sup> ,6
» восход. узла . . . . .	30,0	29,8	23,2
Наклонность . . . . .	83,0	79,8	95,0
Расстояніе перигелия отъ солнца .	0,9789	0,9207	0,9345
Время обращенія . . . . .	—	415 лѣтъ	—

Уклоненіе орбиты метеорнаго потока отъ орбиты кометы 1861 I оказывается довольно значительнымъ по долготѣ перигелия, но во всякомъ случаѣ это уклоненіе не настолько велико, чтобы подвергать сомнѣнію вопросъ о физической связи метеорнаго потока съ кометой, допуская же эту связь, можно найти двойную причину указанного уклоненія. Распаденіе кометы могло начаться уже давно, а сама комета сравнительно лишь недавно могла еще разъ подвергнуться возмущеніямъ, которыя и измѣнили нѣсколько положеніе ея орбиты, между тѣмъ какъ уже образовавшійся метеорный потокъ этимъ возмущеніямъ могъ и не подвергаться. Съ другой стороны недалеко отъ точки пересѣченія земной орбиты съ орбитой кометы болѣе значительная комета могла распасться на нѣсколько маленькихъ, и мы знаемъ только одну изъ этихъ послѣднихъ. Возможность такого объясненія подтверждается неоднократно наблюдавшимся дѣленіемъ кометъ на части (§§ 149, 155, 159), а также тѣмъ обстоятельствомъ, что въ 1860 году Лизе открылъ двойную комету. Въ пользу раздѣленія кометы 1861 I на части, повидимому, говорить 1) замѣчательное раз-

внѣе ея головы, причѣмъ хвостъ и такъ называемыя волоса соединились узкой, слабо свѣтящейся полосой; 2) то обстоятельство, что выше сопоставленные обильные метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку, указываютъ на нѣсколько кометообразныхъ сгущеній внутри этого потока, такъ какъ ихъ невозможно принять за возвращеніе одной и той же части метеорнаго кольца, если только не приписать потоку до нейтральности короткаго времени обращенія; наконецъ 3) открытый Грегемъ и А. Гершелемъ метеорный дождь, который наблюдается 12 и 13 апрѣля и радіантъ котораго опредѣляется координатами:  $\alpha = 273^\circ$  и  $\delta = +25,5^\circ$  ( $\alpha$  — прямое восхожденіе,  $\delta$  — склоненіе). Элементы параболической орбиты, вычисленные Э. Вейсомъ на основаніи этихъ данныхъ, даны для сравненія въ вышеприведенной табличкѣ рядомъ съ элементами орбиты кометы 1861 I. Сравненіе показываетъ, что обѣ орбиты настолько сходны между собою, что это сходство можно разсматривать какъ доказательство высказанной выше гипотезы. Наконецъ, необходимо еще упомянуть, что нѣсколько дней спустя послѣ того, какъ Э. Вейсъ окончилъ свои изслѣдованія, Галле также указалъ на возможную связь метеорнаго потока 20 апрѣля съ кометою 1861 I.

Свѣдѣнія о потокѣ св. Лаурентія (августа 9—13) восходятъ до 830 года послѣ Р. Хр., и начъ извѣстны слѣдующіе древніе метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку.

п. Р. Хр.	830	юля 26	.	.	соотвѣтствуютъ	п. Р. Хр.	1850	авг.	9,2
»	»	833	»	27	.	»	»	»	— » 10,4
»	»	835	»	26	.	»	»	»	— » 8,9
»	»	841	»	25	.	»	»	»	— » 8,4
»	»	924	»	26—28	.	»	»	»	— » 8,1—10,1
»	»	925	»	27,28	.	»	»	»	— » 8,8, 9,8
»	»	926	»	27	.	»	»	»	— » 8,6
»	»	933	»	25—30	.	»	»	»	— » 5,8—10,8
»	»	1243	авг.	2	.	»	»	»	— » 10,6
»	»	1451	»	5	.	»	»	»	— » 10,0

Метеорные дожди, наблюдавшіеся въ слѣдующихъ годахъ: 830—841, 924—933, 1243, 1451 и сравнительно весьма обильные новѣйшіе дожди 1779, 1784 и 1789 годовъ достаточно хорошо удовлетворяютъ періоду августовскаго потока, если предположить, что наибольшаго развитія метеорный дождь Персеидъ достигаетъ черезъ каждыя 108 лѣтъ, причѣмъ максимумъ наступаетъ не внезапно, а протянутаея приблизительно 20—30 лѣтъ. Сообразно съ этимъ періодъ обращенія потока св. Лаурентія весьма близокъ къ періоду обращенія кометы 1862 III, которая выше и была отождествлена съ этимъ потокомъ.

Потокъ св. Лаурентія въ новѣйшія времена, правда, не порождаетъ необыкновенно обильныхъ метеорныхъ дождей, подобно ноябрьскому потоку, но глѣмъ не менѣе онъ является однимъ изъ самыхъ значительнѣйшихъ потоковъ. Безъ сомнѣнія, не все метеоры, появляющіеся въ это время, принадлежатъ къ Персеидамъ, и, начиная съ 12 августа, ясно выступаютъ очень много другихъ радіантовъ, по всей широтности, болѣе 30. Именно около этой эпохи имѣютъ мѣсто наиболѣе многочисленныя наблюденія падающихъ звѣздъ, и едва ли мы ошибемся, если мы общее ихъ число оцѣнимъ въ 20000. Вычисленія элементовъ орбиты этого потока производились уже неоднократно, причѣмъ въ послѣдній разъ эти вычисленія были предприняты Эрманомъ. Однако эта попытка не имѣла особеннаго успѣха, такъ какъ 1) Эрманъ въ то время еще не имѣлъ въ своемъ распоряженіи способа оцѣнивать хотя бы даже приближенно скорость метеоровъ, 2) онъ сообщалъ свои результаты въ мало изрядной и нецѣлесообразной формѣ, и наконецъ, 3) онъ вступилъ на ложный путь, желая поставить холода, наступающіе обыкновенно около 7 февраля, въ зависимость отъ прохожденія августовскаго потока между землей и солнцемъ.

через восходящий узелъ, для чего онъ долженъ былъ приписать потоку весьма короткое время обращения. Кстати замѣтимъ, что Эрманъ на наступление хлѣбовъ въ серединѣ мая годовыми же образомъ приписалъ впадине полярнаго потока Кромѣ того, К Антровъ, судить метеорный токъ 26 мая 830 года съ дождемъ 5 августа 1451 года, въ 1841 году показалъ, что тождественность обоимъ этимъ потокамъ съ вышшимъ потокомъ 10 августа въ высшей степени вѣроятна, но на это не было обращено надлежащаго вниманія, вѣроятно, потому, что не было замѣчено, что синодическое время обращения потока, получающагося изъ сравненія только что указанныхъ годовъ, равняется сидерическому году земли. Наконецъ Гвинингъ, Ньютонъ и др. также занимались этимъ метеорнымъ потокомъ, но только Скларезели удалось определить истинную форму его орбиты.

Метеорный потокъ Леонидовъ (13—14 ноября) послужилъ поводомъ къ весьма интереснымъ изслѣдованіямъ. Мы уже видали, что именно благодаря потоку Леонидовъ было открыто вообще существованіе периодическихъ метеорныхъ потоковъ, да еще, то обстоятельство, что въ 1799 и 1833 годахъ наблюдались необыкновенно обильные метеорные дожди, въ связи съ сообщеніемъ Гумбольдта, что также и въ 1766 году передъ ужаснымъ землетрясеніемъ въ Южной Америкѣ наблюдалось безчисленное множество падающихъ звѣздъ, дало поводъ Ольберсу, Олметеду, Гвинингу и Геррику предсказать необыкновенно обильное паденіе метеоровъ также и на 1866 годъ. Потокъ Леонидовъ былъ первымъ, о которомъ дошли до насъ свѣдѣнія отъ прежнихъ временъ. Въ 1839 году Богусловскій замѣтилъ ежечасное запаздываніе въ появленіи этого потока. Это запаздываніе, самое по его вычисленіямъ 34 минуты въ годъ, онъ объяснилъ тѣмъ, что большая ось орбиты метеорнаго потока, нѣсколько длиннѣе, чѣмъ большая ось земной орбиты (приблизительно только на 5300 километровъ). При такомъ предположеніи онъ попытался вычислить орбиту потока, и это было вообще первое вычисленіе не такого рода.

Новыя подобныя изслѣдованія принадлежатъ А. Ньютоны только въ 1863 году, причемъ онъ подробнѣшимъ образомъ разсудилъ съ древнихъ сообщенія объ этомъ потоку, съ дѣльно ближе изучилъ орбиту этого потока и определялъ вѣроятность его возвращенія въ 1866 году. Для запаздыванія этого потока онъ получилъ опять день на каждые 70 лѣтъ, и такимъ образомъ онъ установилъ слѣдующія появленія этого потока, къ которымъ впоследствии прибавилъ еще появленіе 27 октября 1602 года.

г.	Р. Ар.	окт.	18.5	соответств.	г.	Р. Ар.	окт.	30.0	преобразов.	въ нояб.	12,5 <sup>*)</sup>			
»	»	931	»	19	»	»	»	—	»	31,3	»	»	»	13,4
»	»	934	»	19	»	»	»	—	»	31,5	»	»	»	13,8
»	»	1002	»	20	»	»	»	—	»	31,1	»	»	»	12,2
»	»	1101	»	24	»	»	»	—	»	вояб. 3,0	»	»	»	13,7
»	»	1202	»	26	»	»	»	—	»	4,1	»	»	»	13,4
		1366		29,5	»	»	»		»	5,6	»	»	»	12,5
г.	»	1533	нояб.	3	»	»	»	—	»	7,0	»	»	»	11,5
»	»	1698	»	8,6	»	»	»	—	»	11,6	»	»	»	13,8
г.	»	1799	»	11,6	»	»	»	—	»	12,9	»	»	»	13,6
»	»	1833	»	12,7	»	»	»	—	»	13,3	»	»	»	13,5

Одного взгляда на эту таблицу достаточно, чтобы замѣтить 33-лѣтній періодъ, тѣмъ же ясно, что около максимума мы можемъ ожидать особенно обильныхъ метеорныхъ дождей въ теченіе двухъ или трехъ лѣтъ подрядъ.

\*) Принята во вниманіе прецессія.

\*\*) Принято во вниманіе ежегодное запаздываніе.

*Переводчикъ*

*Переводчикъ.*

Исследовавъ болѣе подробно всѣ вышеприведенныя появленія этого потока и принявъ во вниманіе различныя побочныя обстоятельства, Ньютонъ нашелъ, что продолжительность этого періода составляетъ 33,25 лѣтъ, и что послѣдній максимумъ начался въ 1832,5 году. На основаніи этихъ исследований онъ могъ съ полною определенностью предсказать на ночь съ 13 на 14 ноября 1866 года весьма обильный дождь падающихъ звѣздъ, который дѣйствительно наблюдался и отличался необыкновеннымъ количествомъ.

Ньютонъ говоритъ о различныхъ причинахъ, которыя могли бы порождать обильные метеорные дожди черезъ каждые  $33\frac{1}{4}$  лѣтъ, и въ концѣ концовъ останавливается на предположеніи, что причиной этого явленія служить метеорное кольцо, содержащее, въ некоторой определенной части, отъ  $10''$  до  $15''$  въ длину, необыкновенно большое число метеоровъ. При такомъ предположеніи, потокъ въ одинъ годъ долженъ совершить меньше трехъ оборотовъ, такъ какъ, если бы время обращенія потока составляло  $\frac{1}{3}$  года, то большая ось его орбиты по третьему закону Кеплера была бы меньше разстоянія отъ земли до солнца. Следовательно, въ годъ наиболѣе плотная часть потока должна совершить или  $2 \frac{1}{33,25}$  или  $1 \frac{1}{33,25}$  или  $\frac{1}{33,25}$  оборотовъ. При дальнѣйшемъ ходѣ своихъ исследований Ньютонъ высказывается за второе предположеніе, и къ этому невѣрному результату онъ склонялся, повидимому, по довольно важнымъ причинамъ.

Именно, Ньютонъ уже раньше доказалъ, что движеніе ноябрьскаго потока при его встрѣчѣ съ земной орбитой имѣетъ направленіе, почти перпендикулярное къ радиусу-вектору. При первомъ и при третьемъ предположеніи ( $2 \frac{1}{33,25}$  и  $\frac{1}{33,25}$  оборотовъ въ одинъ годъ) мы получили бы весьма эксцентрическую орбиту потока, а такъ какъ въ такихъ орбитахъ только вблизи афелия и перигелия направленіе движенія перпендикулярно къ радиусу-вектору, то сверхъ того мы должны были бы допустить, что ноябрьскій потокъ при прохожденіи черезъ узелъ въ то же самое время находится въ первомъ случаѣ въ афелии, а во второмъ въ перигелии, и это представляло бы такой исключительный случай, на который едва ли можно рассчитывать. Второе предположеніе свободно отъ этого ограниченія, такъ какъ оно приводитъ къ почти круговой орбитѣ, и потому оно представляется наиболѣе вѣроятнымъ.

Впрочемъ Ньютонъ кромѣ того высказываетъ еще слѣдующія соображенія. Такъ какъ время обращенія или, что то-же самое, большая полуось орбиты метеорнаго потока ограничивается только пятью значеніями и такъ какъ положеніе узла извѣстно, то для каждаго изъ этихъ значеній можно вычислить орбиты, и кромѣ того можно подсчитать вѣковыя возмущенія, въ особенности вѣковое движеніе линии узловъ подъ возмущающимъ дѣйствіемъ планетъ. Дѣйствительное же движеніе линии узловъ отличается ежегоднымъ запаздываніемъ явленія, и мы такимъ образомъ получаемъ простое средство рѣшить, на какомъ изъ этихъ пяти періодовъ слѣдуетъ остановиться.

За разработку этихъ соображеній взялся Адамсъ, причемъ онъ показалъ, что четыре гипотезы (въ году  $2 \pm \frac{1}{33,25}$  и  $1 \pm \frac{1}{33,25}$  обращеній) приводятъ къ вѣковому движенію линии узловъ, приблизительно въ два раза меньшему, чѣмъ наблюдаемое. Такимъ образомъ изъ пяти предположеній, сдѣланныхъ Ньютономъ относительно времени обращенія, четыре противорѣчатъ наблюденіямъ, и остается только испытать, насколько хорошо согласуется съ дѣйствительностью послѣднее предположеніе. Движеніе линии узловъ, вычисленное при этомъ предположеніи, оказалось вполне согласнымъ съ наблюдаемымъ движеніемъ, и такимъ образомъ было устранено всякое сомнѣніе въ истинности періода, равнаго 33,25 годамъ.

Вскорѣ послѣ обильнаго метеорнаго дождя 1866 года Лаверье также пытался определить орбиту этого метеорнаго потока при помощи слѣдующихъ остроумныхъ соображеній.

Если допустить, что гипотеза Кавта-Лапласа относительно происхожденія планетной

системы изъ первичной туманности Урана, то скопление на довольно значительномъ пространствѣ небесныхъ тѣлъ съ обратнымъ движеніемъ, какъ это имѣеть мѣсто у ноябрьскаго потока, не могло произойти въ ту-же эпоху, когда образовались планеты. но такой потокъ метеоровъ долженъ былъ проникнуть въ предѣлы нашей солнечной системы значительно позже. И вообще это явленіе не можетъ быть древнимъ, такъ какъ иначе принадлежащій къ этому потоку тѣла уже вполнѣ растянулись бы въ непрерывное кольцо.

Поэтому, Леверье придерживался того взгляда, что этотъ метеорный потокъ лишь недавно проникъ въ нашу солнечную систему изъ глубинъ вселенной, и что онъ при каждомъ своемъ появленіи проходилъ вблизи какой-нибудь изъ верхнихъ планетъ, такъ какъ подъ влияніемъ нижнихъ планетъ орбита тѣла, пришедшаго къ намъ изъ безконечной дали и, слѣдовательно, двигающагося съ параболическою скоростью, не могла бы обратиться въ эллиптическую съ короткимъ періодомъ обращенія. Поэтому, если мы положимъ, что ноябрьскій потокъ движется по эллиптической орбитѣ съ временемъ обращенія, равнымъ 33<sup>1</sup>/<sub>2</sub> годамъ, и что разстояніе перигелія отъ солнца равняется 0,989 радиуса земной орбиты, то, основываясь на известномъ положеніи радянга (долгота 142° и сѣверная широта 8°30') и на полученной Ньютономъ долготѣ восходящаго узла, мы найдемъ слѣдующіе элементы:

Долгота перигелія . . . . .	: . . . .	51°18
Долгота восход. узла . . . . .	. . . . .	231 19
Наклонность. . . . .	. . . . .	165 19
Разстояніе перигелія отъ солнца . . . . .	. . . . .	0,98900
Время обращенія . . . . .	. . . . .	33,25 лѣтъ.

Потокъ метеоровъ могъ начать двигаться по настоящей орбитѣ только подъ влияніемъ весьма сильныхъ возмущеній, какъ это, напр., бываетъ съ периодическими кометами; съ другой стороны кометы, претерпѣвшія сильныя возмущенія, по необходимости возвращаются къ тому самому небесному тѣлу, которое послужило причиной этихъ возмущеній. Поэтому тѣмъ болѣе замѣчательно, что орбита ноябрьскаго потока просигирается лишь весьма недалеко за орбиту Урана, и даже обѣ эти орбиты почти пересѣкаются въ точкѣ, которая находится недалеко отъ афелія орбиты метеорнаго потока и расположена надъ плоскостью эклиптики. \* Положеніе орбиты ноябрьскаго потока дано на рис. 217, на которомъ изображены также орбиты трехъ другихъ, рассматриваемыхъ въ этомъ параграфѣ метеорныхъ потоковъ. \* Для дальнѣйшаго рѣшенія задачи необходимо изслѣдовать, когда Уранъ и метеорный потокъ находились одновременно около вышеупомянутой точки. Оказывается, это такое сближеніе не могло имѣть мѣста раньше 126 года послѣ Р. Хр., и что только въ началѣ 126 года метеорный потокъ могъ приблизиться къ Урану. Если бы долгота узла въ 126 году измѣнилась только на 1°48 и если бы перигелій отстоялъ отъ висюдища узла приблизительно на 4°, что вполнѣ возможно при неточности наблюденій, лежащихъ въ основаніи всѣхъ вычисленій, то въ указанномъ году имѣло бы мѣсто столкновеніе Урана съ метеорнымъ потокомъ. Во всякомъ случаѣ можно допустить, что въ 126 году потокъ такъ близко подходилъ къ Урану, что этотъ послѣдній заставилъ его двигаться по эллиптической орбитѣ, по которой онъ совершаетъ движеніе и въ настоящее время.

Только что изложенныя изслѣдованія Леверье опубликовалъ раньше, чѣмъ была установлена связь между метеорнымъ потокомъ и кометою 1866 I. Послѣ установленія этой связи явилась возможность точнѣе изслѣдовать вопросъ объ участіи Урана въ происхожденіи потока Леонидовъ, причемъ Склянарелля пришелъ къ результату, что орбита потока могла принять эллиптическую форму также подъ влияніемъ возмущающаго дѣйствія Сатурна или Юпитера.

Наконецъ, что касается періодическаго метеорнаго дождя, который наблюдается въ концѣ ноября и въ началѣ декабря и для котораго сначала Э. Вейсъ, а черезъ нѣсколько

дней послѣ него датскій астрономъ Д'Арре установили связь съ кометою Біэлы то уже давно было навѣстно, что орбита этой кометы почти пересѣкаетъ орбиту земли, и это обстоятельство, какъ только оно было замѣчено, произвело панический страхъ въ обширныхъ кружкахъ (§ 150). Въ началѣ декабря уже неоднократно наблюдались весьма обильные дожди падающихъ звѣздъ, напр., Брандесомъ 6 декабря 1798 года и Флаугертесомъ 6 декабря 1838 года. Въ 1847 году Хейсъ для опредѣленія положенія радианта этого потока нашелъ слѣдующія координаты,  $\alpha = 25^\circ$  и  $\delta = 40^\circ$  ( $\alpha$  — прямое восхождение,  $\delta$  — склоненіе). По вычислениямъ Э. Вейса, основаннымъ на элементахъ орбиты кометы Біэлы, положеніе этого радианта опредѣляется слѣдующими координатами:  $\alpha = 25^\circ$  и  $\delta = 43^\circ$ . Это прекрасное совпаденіе, а также то обстоятельство, что промежутокъ времени между двумя вышеупомянутыми дождями падающихъ звѣздъ, наблюдавшимися въ 1798 и 1838 годахъ, равняется, какъ это впервые замѣтилъ Д'Арре, въ точности двести оборотовъ кометы Біэлы, устраняетъ всякое сомнѣніе въ видимой связи этой кометы съ декабрьскимъ метеорнымъ потокомъ. Кроме того, Д'Арре обратилъ вниманіе еще на то, что въ началѣ декабря неоднократно наблюдалось паденіе съ неба метеорныхъ камней, и онъ склоненъ думать, что эти метеориты принадлежатъ къ метеорному потоку, получившему начало отъ кометы Біэлы.

Болѣе точныя изслѣдованія Э. Вейса показали, что линія узловъ этого потока по всей вѣроятности обладаетъ весьма быстрымъ отступательнымъ движеніемъ, благодаря чему метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку, передвинулись уже на ноябрь; далѣе, изъ тѣхъ же изслѣдованій вытекаетъ, что кромѣ кометы Біэлы по той же орбитѣ движется, по всей вѣроятности, еще одна комета, которая уже давно могла отдѣлится отъ нея. Эти предположенія блестящимъ образомъ подтвердились

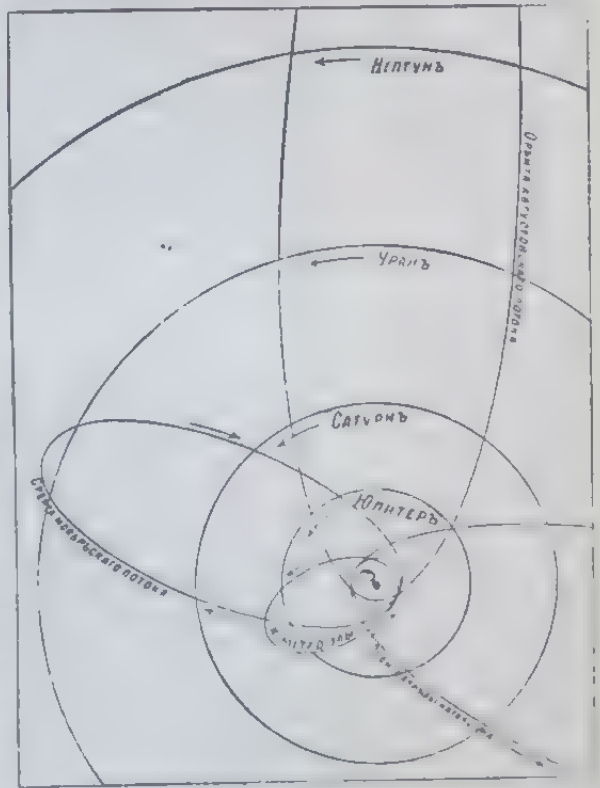


Рис. 217

благодаря обильному метеорному дождю 27 ноября 1872 года, который въ высшей степени интересенъ еще и въ другомъ отношеніи.

Въ 1872 году снова безъ всякаго успѣха ожидали возвращенія кометы Біэлы, потерянной уже съ 1852 г. Послѣ того, какъ 27 ноября былъ наблюдѣтъ обильный дождь падающихъ звѣздъ, Клинкерфюсъ высказалъ предположеніе, что прохожденіе кометы Біэлы черезъ перигелий замѣтилось по невѣстнымъ причинамъ на нѣсколько мѣсяцевъ, и что мы 27 ноября встрѣтились съ этой кометою. Такъ какъ въ такомъ случаѣ, какъ показываютъ простыя геометрическія соображенія, комета за нѣсколько дней до встрѣчи должна была находиться въ радиантѣ метеорнаго дождя, а нѣсколько дней спустя въ

\*) Положеніе радианта по Клинкерфюсу опредѣляется слѣдующими координатами:  $\alpha = 26^\circ$  и  $\delta = + 37^\circ$ .

прямо противоположной части неба, то явилась надежда отыскать также и комету, если известить обь этомъ южныя обсерваторіи. Поэтому Клинкерфюсъ телеграфировалъ 30 ноября въ Мадрасъ, что комету Біэлы съдугаетъ некая около звѣзды  $\theta$  Центавра ( $\alpha = 209,6^{\circ}$  и  $\delta = -35,7^{\circ}$ ). Въ теченіе двухъ дней послѣ полученія телеграммы въ Мадрасъ было пасмурно; но въ третью ночь, со 2 на 3 декабря, Погсонъ тотчасъ же нашелъ на указанномъ мѣстѣ комету, которую онъ пронаблюдалъ еще одинъ разъ на слѣдующее утро, но послѣ этого, вследствие наступившаго продолжительнаго периода пасмурной погоды, онъ ей больше не видалъ. Поэтому, удалось получить только два наблюденія этой кометы, и вследствие этого опредѣленіе ея орбиты, къ сожалѣнію, оказалось невозможнымъ; но при безпристрастной оцѣнкѣ положенія дѣла, вѣроятность того, что эта комета находится въ связи съ метеорнымъ дождемъ 27 ноября и вообще съ метеорнымъ потокомъ, получившимъ начало отъ кометы Біэлы, можно считать почти граничаней съ достоверностью. Дальше, 27 ноября 1885 года снова наблюдался дождь падающихъ звѣздъ, радиантъ котораго находился опять въ созвѣздіи Андромеды, и всѣ тѣ, кто имѣлъ счастье наблюдать также и дождь 1872 года, въ полномъ согласіи другъ съ другомъ признали, что новый дождь былъ обильнѣе и величественнѣе прежняго. Само собой разумѣется, что въ 1885 году астрономы южныя обсерваторіи употребили всѣ свои старанія на отысканіе кометы въ той части неба, которая прямо противоположна радианту этого метеорнаго дождя, но на этотъ разъ безъ всякаго успѣха. Затѣмъ, 23 ноября 1892 года снова наблюдали метеорный дождь, но обильно падающихъ звѣздъ сравнимый съ дождемъ 1872 года, не отыскать комету и въ этотъ разъ не удалось. Напротивъ того, за нѣсколько дней передъ этимъ дождемъ Холлмейсъ нашелъ вблизи радианта разсматриваемаго нами метеорнаго потока комету (§ 156), которую онъ, подобно упомянутой выше кометѣ Погсона и Клинкерфюса, принявъ за комету Біэлы но вскорѣ опредѣленіе ея орбиты показало, что она не имѣетъ никакой связи съ кометой Біэлы.

Профессоръ Х. А. Ньюгонъ собралъ всѣ отчеты относительно метеорнаго дождя 27 ноября 1885 года и подвергъ ихъ тщательному, всестороннему изслѣдованію. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что максимумъ явленія имѣлъ мѣсто въ 6 час. 15 мин. средняго Гринвичскаго времени, и что уже черезъ три часа послѣ, а также за три часа до этого момента число падающихъ звѣздъ было въ десять разъ меньше, такъ что прохожденіе земли черезъ главную часть потока, по видимому, продолжалось приблизительно шесть часовъ. Около момента наибольшаго развитія явленія оди́нь наблюдатель въ опредѣленномъ мѣстѣ насчитывалъ въ часъ до 75000 метеоровъ. Несмотря на это, плотность потока была все же весьма незначительна, а именно одинъ метеоръ приходился приблизительно на 35000 куб. километр. (т. е. на пространство, имѣющее форму куба со стороною въ 32,7 кил. или 4,4 геогр. миль), и эта наиболье плотная часть потока въ ширину достигала только 160000 километровъ (21500 геогр. миль), а весь потокъ былъ приблизительно въ два раза шире. Эти данныя показываютъ, что дѣйствительно едва ли могли увѣнчаться успѣхомъ попытки отыскать въ глубинахъ мирового пространства такую разрѣженную массу кометнаго вещества.

То обстоятельство, что въ 1892 году метеорный дождь наблюдался на четыре дня раньше, объясняется главнымъ образомъ значительнымъ приближеніемъ потока къ Юпитеру въ 1889 и 1890 годахъ.



## Г Л А В А XV.

## Число неподвижныхъ звездъ, ихъ разстояніе отъ земли и размеры.

§ 173. **Видимая величина звездъ и ихъ цвѣтъ.** Уже при первомъ взглядѣ на небо мы замечаемъ огромную разницу между различными звездами, которыми оно усеяно. Въ-которыхъ изъ нихъ настолько ярки, что мы можемъ видѣть ихъ тотчасъ послѣ захода солнца, между тѣмъ какъ другія становятся видимыми значительно позже, уже по наступленіи ночи; наконецъ, есть ия небѣ и еще болѣе слабыя звезды, которыя даже при благоприятныхъ обстоятельствахъ мы можемъ замѣтить только при помощи зрительной трубы.

Но мы были бы далеки отъ истины, если бы это видимое различіе яркости звездъ приписали исключительно различію ихъ истинныхъ размеровъ или же исключительно различію ихъ разстояній отъ земли, иначе говоря, если бы мы высказали предположеніе, что тѣ звезды, которыя намъ кажутся наиболѣе яркими, и въ действительности обладаютъ наибольшими размерами, или находятся ближе къ намъ, чѣмъ другія звезды.

Слѣдовательно, если мы все-же хотимъ говорить о величинѣ звездъ, то, очевидно, мы должны имѣть въ виду лишь ихъ видимую величину, т.-е. болѣе или менѣе сильное впечатлѣніе, которое производятъ на нашъ глазъ яркость звездъ. Въ этомъ смыслѣ звездами первой величины мы называемъ такія, которыя производятъ наиболѣе сильное впечатлѣніе на нашъ глазъ; нѣсколько менѣе ярки звезды мы называемъ звездами второй величины, еще менѣе ярки — звездами третьей величины, и такимъ образомъ мы идемъ до звездъ шестой величины, причемъ подъ этими послѣдними мы разумѣемъ такія звезды, которыя при благоприятныхъ обстоятельствахъ мы еще легко можемъ различать невооруженнымъ глазомъ.

Но кромѣ звездъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, существуетъ еще несравненно большее число звездъ, которыя можно видѣть только при помощи зрительной трубы. Эти такъ называемыя телескопическія звезды также раздѣляются на нѣсколько классовъ, причемъ число этихъ классовъ растетъ по мѣрѣ увеличенія объектива трубы, употребляемой для наблюденій, такъ какъ, чѣмъ болѣе объективъ, тѣмъ большее число новыхъ, все болѣе и болѣе слабыхъ звездъ мы видимъ. Обыкновенно полагаютъ, что при помощи трубы съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 16 сантимеровъ (6 пар. дюймовъ) кромѣ звездъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, можно различить еще шесть классовъ, слѣдовательно, всего двѣнадцать классовъ звездъ, видимая величина которыхъ уменьшается по мѣрѣ того, какъ число, опредѣляющее ихъ классъ, увеличивается. Въ настоящее время обыкновенно полагаютъ, что звезда каждаго высшаго класса свѣтитъ въ 2,5 раза слабѣе звезды предшествующаго низшаго класса. Въ такомъ случаѣ если для того, чтобы увиѣть звезду 15-ой величины, необходимо пользоваться рефракторъмъ съ темъ же (IV) съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 64 сантиметра, то звезду 16-ой величины можно увидѣть только въ рефракторъ съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 100 сантимеровъ.<sup>\*)</sup>

Опредѣленіе яркости неподвижныхъ звездъ уже болѣе, чѣмъ 2000 лѣтъ тому назадъ составляло предметъ наблюденій, и уже въ звездномъ каталогѣ въ Альмагестѣ даны относительныя яркости или звездныя величины болѣе, чѣмъ 1000 звездъ. При этомъ по большей части довольствовались однимъ только наблюденіемъ, часто достаточно точнымъ,

\*) Замѣтимъ, что отношеніе  $\frac{100}{64} = \sqrt{2,5}$ .

такъ какъ на оцѣнку яркости звѣздъ обыкновенно не смотрѣли какъ на главнѣйшій предметъ, а занимались такими наблюдениями лишь попутно при другихъ работахъ, напр., при опредѣленіи положенія звѣздъ на небесной сферѣ. Только въ 1840 году Аргеландеръ въ Боннѣ предпринялъ систематическую оцѣнку яркости звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, и его «Уранометрія» послужила основаніемъ всѣмъ позднѣйшимъ болѣе точнымъ работамъ этого рода, каковы, напр., работы Д. Гершеля, Хейса, Бермана, Гузо, Гулда и другихъ. Впрочемъ приблизительно только два столѣтія тому назадъ были изобрѣтены приборы для измѣренія яркости звѣздъ (фотометры); но въ этомъ отношеніи всѣ старанія Гюйгенса, Бугера и Ламберта и даже сравнительно въ недавнее время Штейнгеля, Шверда, Цельнера и др. имѣли лишь посредственный успѣхъ для общаго увеличенія нашихъ знаній относительно яркости звѣздъ, отчасти потому, что нѣкоторые въ высшей степени остроумные фотометры были неудобны для практическаго примѣненія, отчасти потому, что эти приборы не пригодились для изслѣдованія большого числа звѣздъ. Только Притчардъ въ Оксфордѣ и Пикерингъ на обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа въ Кембриджѣ въ Массачусетъ предприняли въ 1880 году при помощи ими самими изобрѣтенныхъ фотометровъ систематическія наблюденія съ цѣлю опредѣленія яркости звѣздъ, причемъ Пикерингъ существенно расширилъ наши знанія въ этомъ направленіи также и относительно яркости телескопическихъ звѣздъ.

Ниже мы приводимъ списокъ звѣздъ, видимыхъ въ среднихъ широтахъ и обыкновенно причисляемыхъ къ звѣздамъ первой и второй величины, и для нихъ даемъ яркости, выражая ихъ въ звѣздныхъ величинахъ, съ точностью до десятыхъ долей одного класса. Но предварительно мы должны сдѣлать нѣкоторыя разъясненія относительно звѣздъ, величина которыхъ выражается отрицательнымъ числомъ.

Подъ звѣздами первой величины мы вообще разумѣемъ звѣзды столь различной яркости, что этотъ классъ собственно слѣдовало бы раздѣлить еще на нѣсколько классовъ. Средняя яркость звѣздъ этой группы равняется приблизительно яркости Атаира ( $\alpha$  Орла). Принимая эту звѣзду за нормальную звѣзду первой величины и, сообразно съ этимъ, выражая ея величину числомъ 1,0, мы, слѣдя правилу, что величина болѣе яркихъ звѣздъ должна выражаться меньшимъ числомъ, величину звѣзды, которая въ 2,5 раза ярче Атаира, выразимъ знакомъ 0,0, для величинъ звѣзды, которая въ 2,5 раза ярче звѣзды 0,0 величины, примемъ обозначеніе  $-1,0$  и т. д. После этого разъясненія всѣ данныя въ нижеслѣдующей табличкѣ будутъ ясны для читателя.

Звѣзда	Величина	Яркость	Звѣзда	Величина	Яркость
Сириусъ . . . .	— 1,4	9,12	Касторъ . . . .	1,6	0,58
Арктуръ . . . .	+ 0,1	2,29	$\epsilon$ Большого Пса .	1,6	0,58
Капелла . . . .	0,2	2,09	$\gamma$ Оріона . . . .	1,8	0,48
Ригель . . . . .	0,2	2,09	$\epsilon$ Оріона . . . .	1,8	0,48
Вега . . . . .	0,4	1,74	$\zeta$ Оріона . . . .	1,8	0,48
Проціонъ . . . .	0,6	1,45	$\beta$ Тельца . . . .	1,9	0,44
Бетельгейзе . . .	0,8	1,20	$\gamma$ Больш. Медв. .	1,9	0,44
Альдебаранъ . .	1,0	1,00	$\epsilon$ Большой Медв. .	1,9	0,44
Атаиръ . . . . .	1,0	1,00	$\alpha$ Большой Медв. .	2,0	0,40
Антаресъ . . . .	1,1	0,91	$\alpha$ Персея . . . .	2,0	0,40
Сивка . . . . .	1,2	0,83	$\beta$ Возничаго . .	2,0	0,40
Поллуксъ . . . .	1,2	0,83	$\delta$ Большого Пса .	2,0	0,40
Фомальгаутъ . .	1,3	0,76	$\alpha$ Андромеды . .	2,1	0,36
Регуль . . . . .	1,4	0,69	Полярная . . . .	2,1	0,36
Денебъ . . . . .	1,6	0,58	$\gamma$ Близнецовъ . .	2,1	0,36

δ Малой Медв. *	2,1	0,36	α Змѣноса *	2,2	0,33
δ Большого Пса .	2,2	0,33	γ Кассиопеи *	2,2	0,33
α Гидры . . . .	2,2	0,33	β Андромеды *	2,2	0,33
α Овна . . . . .	2,2	0,33	β Кита *	2,3	0,30
γ Больш. Медв. .	2,2	0,33	α Короны . . . .	2,3	0,30
δ Ориона . . . . .	2,2	0,33	δ Кассиопеи *	2,4	0,28
γ Андромеды *	2,2	0,33	δ Большой Медв.*	2,4	0,28
γ Льва * . . . . .	2,2	0,33	γ Большой Медв.*	2,5	0,25
β Льва * . . . . .	2,2	0,33	α Пегаса * . . . .	2,5	0,25

Данные, приведенныя въ этой табличкѣ, заимствованы изъ работы Пикеринга, въ которой онъ сопоставлялъ видимыя величины наиболее яркихъ звездъ. Впрочемъ исключение составляютъ звезды, обозначенныя звездочкой (\*), такъ какъ ихъ въ работѣ Пикеринга нѣтъ и онѣ здѣсь прибавлены для полноты. Величины звездъ, заимствованныхъ отъ Пикеринга, представляютъ среднее значеніе изъ всѣхъ заслуживающихъ довѣрія оцѣнокъ ихъ яркости. Для величинъ же остальныхъ звездъ мы взяли среднія значенія изъ опредѣленій Пикеринга и Приггарда. На основаніи величинъ звездъ вычислены ихъ яркости при предположеніи, впервые введенномъ Поггеномъ, что звезда каждаго высшаго класса въ 2,5 раза слабѣе звезды предыдущаго низшаго класса, причемъ яркость нашей нормальной звезды перваго класса принимается за единицу.

Въ дополненіе къ этому списку прибавимъ еще нѣсколько наиболее яркихъ звездъ южнаго неба, невидимыхъ у насъ. Величины этихъ звездъ мы заимствуемъ изъ вышеупомянутой работы Пикеринга; эти величины основаны на наблюденіяхъ Д. Гершеля на Мысѣ Доброй Надежды и Гульда въ Кордобѣ.

Звѣзда	Величина <sup>λ</sup>	Яркость	Звѣзда	Величина	Яркость
Капонусъ . . . .	— 0,8	5,25	λ Скорпіона . . .	1,9	0,44
α Центавра . . .	— 0,1	2,76	β Арго . . . . .	1,9	0,44
Ахернаръ . . . .	+ 0,6	1,45	γ Арго . . . . .	2,0	0,40
β Центавра . . .	0,8	1,20	ε Арго . . . . .	2,0	0,40
α Креста . . . . .	0,9	1,10	θ Скорпіона . . .	2,1	0,36
β Креста . . . . .	1,5	0,63	θ Центавра . . . .	2,1	0,36
α Журавля . . . .	1,8	0,48	α Южн. труг. . . .	2,1	0,36
γ Креста . . . . .	1,8	0,48	α Павлина . . . .	2,1	0,36

Для изображенія звездъ на картахъ съ сохраненіемъ истинныхъ отношеній между ихъ видимыми величинами, пришлось бы, по Штейнгейлю, представлять ихъ въ видѣ кружечковъ, диаметры которыхъ даны въ нижеслѣдующей табличкѣ при предположеніи, что діаметръ средней звезды первой величины равенъ единицѣ.

1-я величина . . . . .	1,00	4-я величина . . . . .	0,21
2-я » . . . . .	0,60	5-я » . . . . .	0,12
3-я » . . . . .	0,35	6-я » . . . . .	0,07

Въ случаѣ звѣздныхъ картъ, назначаемыхъ для чисто научныхъ цѣлей и вычерчиваемыхъ въ очень крупномъ масштабѣ, такое представленіе звездъ говоритъ само за себя, на картахъ же малаго масштаба наиболее яркія звезды пришлось бы въ такомъ случаѣ изображать кружечками, вычертить которые было бы затруднительно вследствие ихъ огромныхъ размѣровъ, поэтому мы на нашихъ звѣздныхъ картахъ (смъ таблицу, приложенную къ § 118 первой части) сохранили обычный способъ изображенія наиболее яркихъ звездъ въ видѣ звездочекъ съ расходящимися во всѣ стороны лучами, такъ какъ вследствие оптическио обмана онѣ именно въ такомъ видѣ представляются невооружен-

ному глазу Келати упоминаемъ здѣсь, что положенія звѣздъ и вообще различныхъ небесныхъ тѣлъ, указываемыя въ этой части нашей книги, относятся къ 1900 году.

Кромѣ различія въ яркости звѣздъ мы при перномъ же взглядѣ на небо замѣчаемъ, что не всѣ звѣзды посылаютъ намъ одинакой свѣтъ. Это еще яснѣе выстаетъ при наблюдении при помощи сильной зрительной трубы, причемъ въ этомъ случаѣ почти каждая болѣе или менѣе яркая звѣзда для глаза, чувствительнаго къ цвѣтовымъ впечатлѣннмъ, характеризуется своимъ особеннымъ, въ большинствѣ случаевъ, правда, весьма слабымъ цвѣтовымъ отблнкомъ. Такъ, напр., въ настоящее время среди звѣздъ первой величины Сиріусъ, Вега, Денебъ, Регуль и Сика обладаютъ рѣзкимъ бѣлымъ цвѣтомъ. Желтый и желтоватый отблнокъ имѣютъ Прокционъ, Атаиръ, Полярная звѣзда и въ особенности  $\beta$  Малой Медвѣдицы, между тѣмъ какъ  $\beta$  Лиры относится къ числу голубоватыхъ звѣздъ. Въ противъ того, Альдебаранъ, Антаресъ, Белейгейс ( $\alpha$  Орiona), какъ это замѣтитъ еще Птоломей, и  $\gamma$  Креста, согласно съ наблюдениями Рюмкера, отличаются краснымъ цвѣтомъ.

§ 174 **Измѣненія яркости и цвѣта звѣздъ.** Приходится сильно сожалѣть, что прежнія опредѣленія относительной яркости звѣздъ были недостаточно точны, такъ какъ глѣднѣе этого мы лишаемся возможности съ достовѣрностью указать и простѣднѣе измѣненія, которыя, повидимому, произошли у нѣкоторыхъ изъ этихъ небесныхъ тѣлъ. Такъ напр., звѣзда  $\alpha$  Гидры древними причислялась къ звѣздамъ первой величины, между тѣмъ какъ въ настоящее время она слабѣе второй величины. Точно также семь красныхъ звѣздъ въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы, повидимому, постоянно мѣняютъ свои блскн, такъ что то одна изъ нихъ, то другая кажется наиболѣе яркой. Напр., звѣзда  $\delta$  въ извѣстномъ четырехугольникѣ этого созвѣдія въ настоящее время принадлежатъ къ звѣздамъ только четвертой величины, между тѣмъ какъ еще Гихо-Брате считалъ ее звѣздой второй величины. Въ особенн главь мы еще вернемся къ этому предмету.

Не только яркость, но также и цвѣтъ нѣкоторыхъ звѣздъ, повидимому мѣняется съ теченіемъ времени, причемъ въ видѣ примѣровъ обыкновенно называютъ Сиріуса, такъ какъ Птоломей и нѣкоторые другіе древніе авторы причисляли его къ краснымъ звѣздамъ. Впрочемъ повторенно старинныя доказанія что употребляемое по отношенію къ этой звѣздѣ зиниты указывали не на цвѣтъ, а на рѣзкія ея особеннсти, и въ самомъ концѣ XIX-го столѣтія, основываясь на цѣломъ замѣчаніи Штальдтгеруна, весьма многие астрономы придерживались того взгляда, что мнимое наблюденіе Птолемея было причислено му лишь позднѣйшими комментаторами Альмагеста. Однако сопоставленіе всѣхъ относящихся сюда замѣчаній и критическій разборъ ихъ привели американскаго астронома Сикъ къ убѣжденію, что Сиріусъ въ древности былъ действительно красной звѣздой, между тѣмъ въ настоящее время его обыкновенно считаютъ бѣлымъ, хотя, впрочемъ, Зейдель и считалъ его голубоватымъ, а Ольберсъ желтоватозеленымъ. Подобнымъ же образомъ глѣднѣе наблюдатель X-го столѣтія, Абдалрахманъ (§ 179) причислялъ  $\beta$  Персея (Андромда) къ краснымъ звѣздамъ, между тѣмъ какъ въ настоящее время онъ блестящій яркимъ бѣлымъ свѣтомъ. Еще другой примѣръ представляетъ спутникъ звѣзды  $\gamma$  Дельфина, Итонеель, Аркхуръ, который прежде причислялся къ наиболѣе краснымъ звѣздамъ и до его воѣ, въ срединѣ XIX-го столѣтія, согласно съ наблюдениями Шмидта, почти совершенно потерялъ эту окраску, въ настоящее же время онъ опять, повидимому, дѣлается все болѣе и болѣе краснымъ.

Излонецъ, временное, повторяющееся каждыи вечеръ измѣненіе цвѣта звѣздъ и въ связи съ этимъ еи значное увеличеніе и уменьшеніе ихъ яркости составляютъ какъ и въ самое мѣрѣ не звѣзды. Впрочемъ это излненіе никомъ образомъ не присуще самимъ звѣздамъ, оно какъ это подробно было разсмотрѣно въ другомъ мѣстѣ (часть I, § 107) и излстаетъ изъ разлѣднмъ дѣйствіемъ и разлѣднмъ свѣтъ въ нашей земной атмо-

сферѣ. Подобнымъ же образомъ должны быть объяснены измѣненія пизды короткаго периода, замѣченныя нѣсколько десятковъ лѣтъ назадъ Клеингомъ въ Кельнѣ и Веберомъ въ Цевелю у нѣкоторыхъ звездъ Большой Медвѣдницы, въ особенности у  $\alpha$  и  $\beta$  Угасе таюжъ.

§ 175. **Историческія свѣдѣнія относительно параллакса неподвижныхъ звездъ.** Уже въ § 44 первой части мы говорили, что на опредѣленіе разстояній отъ земли до звездъ или, что то-же самое, на опредѣленіе годичнаго параллакса неподвижныхъ звездъ слѣди смотрѣть какъ на задачу величайшей важности съ того момента, когда Коперникъ обнаружилъ свою планетную систему, такъ какъ въ то время чувствовался недостатокъ въ наглядныхъ доказательствахъ истинности этой системы, и если бы удалось опредѣлить параллаксъ какой-нибудь неподвижной звезды то тѣмъ самымъ было бы найдено подобное доказательство. Поэтому, нѣтъ ничего удивительнаго, что и сторонники, и противники системы Коперника весьма ревностно принялись за соответственныя наблюденія и неутомимо продолжали ихъ: первые — съ цѣлью поставить систему Коперника, въ случаѣ успѣха своихъ изысканій, на непоколебимое основаніе, вторые — съ цѣлью опровергнуть эту систему въ случаѣ, если удастся доказать, что неподвижныя звезды не имѣютъ параллакса. Въ наше время вопросъ объ опредѣленіи лиричныхъ параллакса звездъ пріобрѣлъ совершенно иное значеніе: онъ является въ высшей степени важнымъ въ смыслѣ расширенія нашихъ знаній относительно протяженія мирового пространства. Поэтому, здѣсь воистинѣ умѣстно вкратцѣ изложить исторію касавшихся этого вопроса изысканій.

Еще Галилей старался найти способы для опредѣленія параллакса неподвижныхъ звездъ и для этой цѣли предложилъ наблюдать въ различныя времена года исчезновеніе звездъ первой величины за какой-нибудь башней, удаленной отъ наблюдателя на нѣсколько миль. Однако это предложеніе никакъ не было приведено въ исполненіе, и во всякомъ случаѣ вѣдѣтвие большой неточности наблюденій того времени оно не дало бы никакихъ результатовъ. Позднѣ подобными изысканіями усилению занимался Гихо де-Брате и Риккитоди, впрочемъ бывшіе въ ихъ распоряженіи квадраты были также слишкомъ несовершенны, чтобы при помощи нихъ можно было опредѣлять столь малыя величины.

Въ концѣ XVII столѣтія знаменитый англійскій геометръ Валлисъ снова предпринялъ подобныя изысканія. Онъ прикрѣпилъ къ верхушкѣ башни объективъ зрительной трубы съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ и при помощи окуляра, вѣдѣнаго къ стѣнѣ его дома, наблюдалъ въ различныя времена года разность азимутахъ наиболее яркихъ звездъ. Такимъ способомъ онъ имѣлъ въ виду главнымъ образомъ устранить вредное вліяніе рефракціи (часть I, гла ва XI); однако и онъ не пришелъ ни къ какому рѣшительному результату, хотя занимался этимъ предметомъ болѣе 40 лѣтъ. Вскорѣ послѣ этого хотѣлъ повторить тѣ-же самыя наблюденія Роуленъ на башнѣ собора св. Павла въ Лондонѣ, но Ньютономъ помѣшала выполнению этихъ наблюденій, такъ какъ онъ боялся, чтобы и болѣе того вѣдѣтвосообразный способъ, благодаря весьма вѣроятной неслучай, не подорвала довѣрія къ новому ученому даже въ средѣ немногихъ его послѣдователей.

Современникъ и соперникъ Ньютона Гукъ, старался достигъ той-же цѣли при помощи крѣпко прикрѣпленной къ стѣнѣ зрительной трубы съ фокуснымъ разстояніемъ въ 12 метровъ, но наблюденія, произведенныя этимъ инструментомъ, опять были слишкомъ неточны, чтобы отъ нихъ можно было ожидать отвѣта на интересующую насъ вопросъ. Фламестидъ въ 1690 году наблюдалъ довольно продолжительное время Полярную звезду при помощи своего шестифутоваго стѣннаго квадрата и полагалъ что онъ нашелъ довольно значительный параллаксъ этой звезды. Однако Доминикъ Кассини показалъ, что измѣненія въ положеніи звезды, замѣченныя Фламестидомъ, не согласуются съ тѣми, которыя вытекаютъ изъ правильной теоріи параллакса, и что они, поэтому, должны быть объяснены совершенно другими причинами. Датскій астрономъ Ремеръ, такъ много сдѣлавши въ области практической астрономіи первый показалъ что наблюденныя прямая гео-

звезды звезде гораздо более пригодны для этой цели, чѣмъ зенитныя разстоянія, которыми воспользовался Фламестидъ, и онъ занимался этимъ предметомъ въ теченіе 18 лѣтъ, но еще не доведя до конца всѣхъ вычисленій своихъ наблюдений, которыя впрочемъ также привели къ отрицательному результату, онъ былъ внезапно похищенъ смертію. Также и Брайлей, преемникъ Фламестида въ Гринвичской обсерваторіи приложилъ всѣ свои старанія, чтобы опредѣлить параллаксы нѣкоторыхъ неподвижныхъ звездъ, но къ счастью этого онъ открылъ други два замѣчательныя движенія звездъ, а именно аберацію и пугацию (часть I, главы VI и VII); первое изъ этихъ движеній служитъ прямымъ доказательствомъ движенія земли вокругъ солнца. Параллаксъ же звездъ Брайлей, согласно съ своими наблюдениями, считалъ совершенно незамѣтнымъ.

Въ началѣ XIX-го столѣтія опредѣленіемъ звездныхъ параллаксовъ занимались преимущественно Пиацци и Калаандрелли. Пиацци въ Иалермо опять остановился на наблюденіяхъ зенитныхъ разстояній и нашелъ, что параллаксъ Капеллы и нѣкоторыхъ другихъ звездъ первой величины весьма близокъ къ нулю; параллаксъ же Сириуса изъ его наблюдений получился равнымъ  $4''$ . Но не говори уже о томъ, что для Европы Сириусъ весьма мало пригоденъ для такого рода изслѣдованій, такъ какъ во всѣхъ обсерваторіяхъ этой части свѣта онъ проходитъ черезъ меридіанъ на слишкомъ незначительной высотѣ, мы въ настоящее время знаемъ, что всѣ позднѣйшія опредѣленія параллакса этой звезды не согласуются съ вышеприведенной величиной. Поэтому, годичныя измѣненія замѣченныя астрономомъ Пиацци въ положеніи Сириуса, а также нѣкоторыхъ другихъ звездъ, напр., Полярной, повидному, должны быть объяснены периодическими перемѣщеніями самого зденія, въ которомъ былъ установленъ его инструментъ, такъ какъ всякое зденіе вълѣдствіе осѣщенія солнцемъ преимущественно съ одной стороны и вълѣдствіе измѣненія температуры съ временами года испытываетъ периодическія измѣненія въ своемъ положеніи; Пиацци же не зная причинъ этихъ измѣненій, объяснилъ ихъ вліяніемъ параллакса.

Калаандрелли въ Римѣ съ тою-же цѣлью наблюдалъ въ 1805 году красивую звезду Вега въ созвѣздіи Лыры, которая въ этомъ годѣ проходила черезъ меридіанъ въблизи отъ зенита. Для этого онъ воспользовался секторомъ, радиусъ котораго равнялся 3 метрамъ, и его наблюденія, предпринятія по прекрасному плану и очень хорошо между собою согласующіяся, дали для параллакса Вегы  $4,4''$ . Однако Бессель въ Кенигсбергѣ, который послѣ Калаандрелли занимался изслѣдованіемъ параллакса той-же звезды, изъ прямыхъ восхожденій, наблюденныхъ Брайлеемъ, нашелъ, что даже сумма параллаксовъ Вегы и Сириуса равна нулю; для суммы параллаксовъ Агаира въ созвѣздіи Орла и Прокциона въ созвѣздіи Малого Пса онъ получилъ весьма незначительную величину  $0,6''$ . Онъ весьма удачно выбралъ для своихъ изслѣдованій пары такихъ звездъ, которыя лежатъ почти на одномъ и томъ-же параллельномъ кругѣ и по прежнему восхожденію отличаются приблизительно на  $180^\circ$ , такъ какъ для такихъ звездъ въ то время, какъ прямое восхожденіе одной изъ нихъ вълѣдствіе параллакса дѣлается наименьшимъ, прямое восхожденіе другой наоборотъ, достигаетъ наибольшаго значенія (часть I, § 45).

Въ первой трети XIX-го столѣтія этой задачеі занимался также Бриклей, Пондъ, В. Струве и др. но всѣ эти попытки только показали, что ни одна изъ изслѣдованныхъ звездъ не имѣетъ замѣтнаго параллакса. Поэтому, хотя еще и не было получено положительнаго результата, но все же уже можно было сказать, что, если бы параллаксъ какой-нибудь изъ изслѣдованныхъ звездъ равнялся только одной секундѣ дуги, то такая величина не могла бы ускользнуть отъ нашихъ наблюдений. Следовательно, годичный параллаксъ этихъ а также и всѣхъ остальныхъ звездъ долженъ быть менѣе  $1''$ . Посмотримъ же, какое разстояніе соответствуетъ такому параллаксу.

Если мы говоримъ, что годичный параллаксъ звезды равняется  $1''$ , то это значитъ,

что радиусъ земной орбиты (рис. 218) усматривается со звѣзды подъ угломъ въ  $1''$ , т.-е. что уголъ при звѣздѣ равенъ  $1''$ . Поэтому, зная параллаксъ звѣзды, мы можемъ опредѣлить ея разстоянiе отъ земли, рѣшивъ треугольникъ, вершинами котораго служатъ звѣзда, солнце и земля  $E$  (рис. 218). Рѣшая этотъ треугольникъ по правиламъ тригонометрiи, находимъ, что разстоянiе отъ звѣзды до земли равняется радиусу земной орбиты, раздѣленному на синусъ параллакса звѣзды, или, въ нашемъ частномъ случаѣ на  $\sin 1''$ . Поэтому, если для радиуса земной орбиты мы примемъ 150 миллионовъ километровъ, то соответственное разстоянiе круглымъ числомъ получается равнымъ 31 биллиону километровъ. Откуда слѣдуетъ, что ближайшая звѣзда отстоитъ отъ земли болѣе чѣмъ на 31 биллионъ километровъ, т.-е. круглымъ числомъ въ 200 000 разъ дальше солнца. Разстоянiе, равное 31 биллиону километровъ, т.-е. такое разстоянiе, съ котораго радиусъ земной орбиты усматривается подъ угломъ въ  $1''$ , мы можемъ принять за единицу при опредѣленiи разстоянiи отъ земли до звѣзды, совершенно также, какъ при опредѣленiи разстоянiи въ нашей солнечной системѣ за единицу мы принимаемъ среднее разстоянiе отъ земли до солнца.

Мы уже неоднократно говорили, что среднее разстоянiе отъ земли до солнца настолько огромно, что о немъ мы собственно не можемъ составить себѣ никакого понятiя. Что же мы можемъ сказать въ такомъ случаѣ о новой, только что введенной нами единицѣ длины? Эта единица длины относится къ одному километру, какъ одинъ миллионъ лѣтъ къ одной секундѣ. Быстроходное парусное судно, дѣлающее 12 морскихъ миль или  $22\frac{1}{2}$  километра въ часъ, прошло бы такое разстоянiе только въ 160 миллионовъ лѣтъ, и даже курьерскому поѣзду. Будущему со скоростью 90 километровъ въ часъ, потребовалось бы для этого цѣлыхъ 39 миллионовъ лѣтъ. Однако и эти числа все же слишкомъ велики, чтобы мы могли составить себѣ ясное представлениe о новой единицѣ длины. Болѣе пригодной для нашей цѣли можетъ быть скорость свѣта.

Но даже и свѣтъ, который при своей неизмѣрно огромной скорости въ 300 000 километровъ въ секундѣ достигаетъ отъ солнца до земли всего въ 8 м 18 сек., только въ  $3\frac{1}{2}$  года можетъ пробѣгать разстоянiе, равное новой единицѣ длины! А между тѣмъ разстоянiя даже до ближайшихъ къ намъ звѣздъ, согласно съ нашими наблюденiями, превосходятъ одну такую единицу длины, наиболѣе же отдаленныя изъ видимыхъ нами звѣздъ могутъ отстоять отъ земли еще къ нѣсколькимъ тысячамъ разъ дальше. Поэтому, не только вполнѣ возможно, но даже весьма вѣроятно, что есть такія звѣзды, отъ которыхъ свѣтъ, несмотря на свою огромную скорость, достигаетъ до насъ только черезъ нѣсколько тысячъ лѣтъ, такъ что со времени Моисея или Александра Македонскаго до насъ могли пройти весьма значительныя перемѣны, о которыхъ мы еще не имѣемъ ни малѣйшаго понятiя, такъ какъ свѣтъ, отъ вѣтскихъ приносивши намъ вѣсти изъ глубины вѣковъ, еще не успѣлъ достигнуть до земли.

Но чтобы ни происходило въ этихъ къ сожалѣнiю, совершенно неизвѣстныхъ намъ глубинахъ вселенной, во всякомъ случаѣ изъ нашихъ наблюденiй ясно вытекаетъ одно, а именно, что всѣ неподвижныя звѣзды, даже ближайшия изъ нихъ, находятся отъ насъ на такихъ разстоянiяхъ, въ сравненiи съ которыми разстоянiе отъ земли до солнца представляется не болѣе, какъ ничтожной точкой. Какъ далеко отъ земли ближайшия звѣзды простирается во всѣ стороны мировое пространство съ его невообразимымъ войскомъ солнцъ, это навсегда останется для насъ неизвѣстнымъ. И всѣ наши свѣдѣнiя объ этомъ безконечно огромномъ мировомъ пространствѣ ограничиваются лишь небольшою колонiей, которая раскинулась вокругъ нашего солнца, которая окружаетъ насъ со всѣхъ сторонъ, и къ которой принадлежатъ также и наше миллiе земля. Эта колонiя по площади



Рис. 218.

занимает лишь небольшой кругъ въ 63 триллиона кубическихъ километровъ: въ центрѣ этого круга даритъ намъ солнце, а на крайней его границѣ, отстоящей отъ солнца на 4500 миллионовъ километровъ, находится планета Нептунъ. Этотъ кругъ мы назвали небольшимъ на томъ основаніи, что съ ближайшей къ намъ неподвижной звѣзды радиусъ этого круга усматривается подъ угломъ, который меньше  $30''$ , т.-е. приблизительно подъ такимъ же угломъ, подъ которымъ мы усматриваемъ радиусъ Юпитера, когда эта планета находится въ наименьшемъ отъ насъ разстояніи. Между крайними границами участка предназначеннаго въ мировомъ пространствѣ для небольшого семейства нашего солнца, и между ближайшими къ намъ неподвижными звѣздами кругомъ со всѣхъ сторонъ находится необозрима пустыня, пустая зона, которая въ видѣ кольца охватываетъ нашу планетную систему, которая въ ширину простирается болѣе чѣмъ на 31 биллонъ километровъ и ширину которой, слѣдовательно, въ 7000 разъ превосходить радиусъ круга, отведеннаго подъ нашу колонию. Но какимъ образомъ произошло, что отдѣльныя страны этого обширнаго государства отдѣлены другъ отъ друга такими пустынями, это навсегда останется для насъ тайной.

Прежде чѣмъ идти далѣе, замѣтимъ, что, желая выразить разстояние отъ земли до звѣзды, параллаксъ которой намъ извѣстенъ, въ новыхъ введенныхъ въ этомъ параграфѣ единицахъ длины, мы должны единицу раздѣлить на параллаксъ звѣзды. Иногда же разстоянія до звѣздъ выражаютъ въ такъ называемыхъ свѣтовыхъ годахъ, причемъ подъ свѣтовымъ годомъ понимаютъ такое разстояние, съ котораго свѣтъ доходитъ до земли въ теченіе одного года. Нашу новую единицу длины свѣтъ проходитъ, какъ мы видѣли выше въ  $3\frac{1}{4}$  или, точнѣе, въ 3,24 года.



Рис. 219.

Поэтому нетрудно видѣть, что, умножая разстояние до звѣзды, выраженное въ новыхъ единицахъ длины, на 3,24, мы получимъ то-же самое разстояние въ свѣтовыхъ годахъ.

§ 176. Точныя опредѣленія параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ. При попыткахъ опредѣленія параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ изъ наблюденія зенитныхъ разстояній и прямыхъ восхожденій главнымъ затрудненіемъ явилось то обстоятельство, что для этой цѣли необходимо было пользоваться наблюденіями, отстоящими другъ отъ друга приблизительно на полгода. Измѣненія, которыя могутъ произойти за этотъ промежутокъ времени отчасти въ самихъ инструментахъ, отчасти въ состояніи нашей атмосферы, а также и некоторыя другія причины внести въ это дѣло столько неточности, что вследствие этого опредѣленіе такихъ малыхъ величинъ, какъ параллаксъ, весьма сильно затрудняется или даже дѣлается совершенно невозможнымъ. После того, какъ всѣ прежнія попытки оказались безуспѣшными Д. Гершель предложилъ для этой цѣли наблюдать оптическія двойныя звѣзды, т.-е. такія звѣзды, которыя, отстоя отъ земли въ действительности на весьма различныхъ разстояніяхъ, кажутся приблизительно на общей линіи зрѣнія, одна съзади другой, и потому кажутся намъ находящимися на небесной сферѣ весьма близко одна отъ другой. Такія звѣзды оказываются пригодными для нашей цѣли потому, что вследствие измѣненія въ положеніи земли должно мѣняться взаимное разстояние такихъ звѣздъ. Каждая изъ этихъ звѣздъ *A* и *B* (рис. 219), вследствие годичнаго движенія земли *T*, должна описывать на небѣ видимымъ образомъ небольшой эллипсъ, получающійся въ сѣченіи небесной сферы съ наклоннымъ конусомъ вершиною которому служить звѣзда, а базисомъ эллипсъ



$T_1 T_2 T_3 T_4$ , описываемая землей при ея движеніи вокругъ солнца. Для болѣе удаленной отъ насъ звезды такой эллипсъ долженъ быть значительно меньше, чѣмъ для другой, болѣе близкой. Поэтому, измѣряя въ различные времена года разстояніе между обими звездами и определяя положеніе соединяющей ихъ линіи относительно плоскости экватора, мы, если въ этихъ величинахъ замѣчаемъ периодическія измѣненія, легко можемъ судить, согласуются ли эти измѣненія съ теоріей параллакса.

Этотъ способъ совершенно свободенъ отъ всѣхъ ошибокъ, которымъ подвержены всѣ наблюденія зенитныхъ разстояній и прямыхъ восхожденій, и онъ рекомендуется главнымъ образомъ потому, что рефракція (часть I, глава XII), эта наибольшая погрѣха всѣхъ точныхъ наблюденій, въ этомъ случаѣ не оказываетъ никакого вліянія на результаты, такъ какъ положеніе двухъ весьма близкихъ другъ къ другу звездъ она измѣняетъ, очевидно, одинаковымъ образомъ. Но этотъ способъ предполагаетъ, что двойственность этихъ звездъ есть лишь кажущаяся, а это на самомъ дѣлѣ бываетъ только въ рѣдкихъ случаяхъ, такъ какъ почти всѣ двойныя звезды, какъ мы увидимъ впоследствии, являются таковыми не только благодаря вліянію перенективы, но и въ дѣйствительности находятся въ весьма близкомъ разстояніи одна отъ другой и образуютъ на небѣ звѣздныя системы, въ которыхъ одна звезда движется вокругъ другой, какъ планеты около солнца.

Впрочемъ все-же мы знаемъ нѣсколько двойныхъ звездъ, которыя, навѣрное, составляютъ лишь оптически пары, и на нѣкоторыхъ изъ этихъ звездъ вышеизложенный способъ былъ испытанъ съ успѣхомъ. Еще В. Струве въ 1835—1839 годахъ получилъ довольно точный результатъ относительно Веги, параллаксъ которой онъ опредѣлилъ въ  $0,26''$ , и почти одновременно (1837—1840) вторая успѣшная попытка этого рода была сдѣлана Бесселемъ въ Кенигсбергѣ. Онъ выбралъ для этого двойную звезду приблизительно шестой величины, подъ названіемъ 61 Лебедя; она обладаетъ весьма значительнымъ собственнымъ движеніемъ (§ 183), но что впервые обратилъ вниманіе Штаттн. Но такъ какъ собственные движенія звездъ, очевидно, являются слѣдствіемъ измѣненія или въ положеніи самихъ звездъ, или въ положеніи нашей солнечной системы, или, что вѣроятно всего, въ положеніи какъ звездъ, такъ и солнечной системы, то ясно, что звезда, обладающая нѣкоторымъ движеніемъ въ пространство, вообще должна обнаруживать дѣль большее видимое движеніе на небесной сферѣ, чѣмъ меньше разстояніе, отдѣляющее ее отъ насъ. Правда, мы еще не имѣемъ права дѣлать обратное заключеніе, а именно, что чѣмъ болѣе собственное движеніе звезды, тѣмъ ближе она должна быть къ землѣ; однако, такъ какъ у насъ нѣтъ вполнѣ опредѣленнаго и безошибочнаго признака, по которому мы могли бы судить о большемъ или меньшемъ разстояніи неподвижныхъ звездъ отъ земли, то болѣе близкія къ намъ звезды естественно всего искать между такими, которыя обладаютъ быстрымъ движеніемъ, въ особенности, если эти звезды относятся къ числу яркихъ. На этомъ основаніи Бессель выбралъ звезду 61 Лебедя, самымъ тщательнымъ образомъ опредѣлялъ видимое ея разстояніе отъ двухъ находящихся вблизи нея звѣздочекъ девятой величины и продолжалъ эти наблюденія въ теченіе цѣлаго года, чтобы охватить полный періодъ зависящихъ отъ параллакса измѣненій въ положеніи звезды. Въ измѣреніяхъ разстояній весьма ясно обнаружилась небольшая измѣненія, слѣдующія тому-же самому закону, по которому долженъ мѣняться эти разстоянія годичный параллаксъ. Обработавъ всѣ свои наблюденія, Бессель, для годичнаго параллакса звезды 61 Лебедя получилъ  $0,348''$ .

Послѣ этого параллаксъ этой звезды опредѣлялся неоднократно. Но всѣ позднѣйшія опредѣленія дали для параллакса значительно большее значеніе, и потому нѣтъ никакого сомнѣнія, что этотъ параллаксъ еще не свободенъ отъ нѣкоторыхъ небольшихъ неслучайныхъ намъ ошибокъ. Такъ, для годичнаго параллакса звезды 61 Лебедя различные астрономы получили слѣдующія значенія:

О. Струве . . . . .	0,51 <sup>7</sup>
Луверсь . . . . .	0,57
Бюль . . . . .	0,47
Хель . . . . .	0,48
Притчардъ . . . . .	0,43

Замѣтимъ, что Притчардъ пользовался фотографическимъ методомъ. Имя въ виду вышеприведенныя значенія параллакса 61 Лебедя, едва ли мы ошибемся, если примемъ для него круглымъ числомъ 0,50<sup>7</sup>. Этому параллаксу соответствуетъ разстоянiе, равное 6,5 свѣтовыхъ годамъ \*).

За первымъ успѣшнымъ опредѣленiемъ параллакса векорѣ послѣдовало и второе. Лице Гендерсонъ на основанiи своихъ меридианныхъ наблюденiй звѣзды  $\alpha$  Центавра, которыя онъ производилъ въ 1832 и 1833 годахъ, замѣтилъ, что параллаксъ этой звѣзды долженъ быть равенъ приблизительно 1<sup>7</sup>. Многочисленныя наблюденiя Меклира (1840—1849), къ сжидому, подтвердили этотъ результатъ. Гочю также Места изъ своихъ наблюденiи въ Саль-Ято-де-Чили нашель для параллакса  $\alpha$  Центавра 0,88<sup>7</sup>. Однако позднѣйшiя наблюденiя показали, что даже и это послѣднее значенiе еще нѣсколько велико. Гиль и Элькинъ на мысѣ Доброу Надежды, на основанiи своихъ весьма тщательныхъ измѣренiи при помощи гелиометра, нашли, что параллаксъ этой звѣзды едва ли можетъ значительно отличиться отъ 0,75<sup>7</sup>. Эта великолѣпная двойная звѣзда южнаго полушарiя, несмотря на то, что ея параллаксъ былъ уменьшенъ до  $\frac{1}{4}$ , все же оказывается, нѣсколько намъ извѣстно до сихъ поръ, нашей ближайшей соседкой въ междузвѣздномъ пространствѣ.

Кромѣ только что упомянутыхъ опредѣленiй звѣздныхъ параллаксовъ, различными астрономами были изслѣдованы въ этомъ отношенiи цѣлый рядъ другихъ звѣздъ. Въ самое послѣднее время особенная услуга этой отрасли астрономiи оказали Бюль, Гиль, Элькинъ, Кантейнъ и др. Рутерфортомъ съ хорошимъ успѣхомъ была примѣнена къ этимъ изслѣдуемымъ фотографiя, и въ серiи нѣ восьмидесятихъ годахъ Притчардъ опредѣлялъ по этому способу параллаксъ довольно значительнаго числа звѣздъ. Благодаря старанiямъ всѣхъ этихъ астрономовъ мы знаемъ въ настоящее время параллаксъ приблизительно 50 звѣздъ но на большую часть этихъ параллаксовъ, вѣднѣстiе трудности ихъ опредѣленiя мы должны смотрѣть лишь какъ на первое, грубое приближенiе въ рѣшенiи вопроса. Ниже даны нѣкоторые, заслуживающе довѣрiя параллаксы причемъ въ случаѣ двойныхъ звѣздъ, каковы, напр.,  $\alpha$  Центавра, 61 Лебедя, 70 $\rho$  Офиука и т. д., указаны звѣздная величина болѣе яркихъ составляющихъ. Положенiя звѣздъ въ этой таблицѣ отнесены къ 1900 году.

Звѣзда	Велич. звѣзд.	Прям. восх.		Склон.		Годичное движенiе.	Параллаксъ.	Разстоянiе въ свѣт. годахъ.
$\alpha$ Центавра . . . . .	1	14 <sup>h</sup>	32,8 <sup>m</sup>	-60°	25'	3,67 <sup>7</sup>	0,75 <sup>7</sup>	4,3
61 Лебедя . . . . .	5,6	21	2,4	+38	15	5,16	0,50	6,5
Лалацъ 21185 * . . . . .	7,8	10	57,9	+36	38	4,75	0,48	6,7
Канелла . . . . .	1	5	9,3	+45	54	0,43	0,39	8,3
Сириусъ . . . . .	1	6	40,7	-16	35	1,33	0,38	8,5
Грумбриджъ 34 * . . . . .	8	0	12,7	+43	27	2,81	0,31	10,5
Проционъ . . . . .	1	7	34,1	+5	29	1,25	0,28	11,6
Грумбриджъ 1618 * . . . . .	6,7	10	5,3	+49	58	1,43	0,26	12,5
$\gamma$ Кассіопеи . . . . .	4	0	43,0	+57	17	1,19	0,26	12,5

\* Потѣшныя опредѣленiя параллакса звѣзды 61 Лебедя снова даютъ для него величину, лежащую въ предѣлахъ отъ 0,3<sup>7</sup> до 0,4<sup>7</sup>.

Звѣзда.	Вѣзичина.	Прям. восх.	Склон.	Годичное движенiе	Параллаксъ.	Разстоянiе въ свѣт. годахъ.
σ Дракона . . . . .	5	19 32,5	+69 29	1,93	0,24	13,5
Брадей 3077 * . . . . .	6	13 8,5	+56 37	2,09	0,24	13,5
Лалаидъ 21258 * . . . . .	8,9	11 0,5	+44 2	4,40	0,23	14,1
Арг. Ольценъ 17414 * . . . . .	9	17 37,0	+68 26	1,27	0,22	14,7
ε Индѣйца . . . . .	4	21 55,7	-57 12	4,70	0,22	14,7
Атаиръ . . . . .	1	19 45,9	+ 8 36	0,65	0,19	17,0
0 <sub>2</sub> Эридана . . . . .	4,5	4 10,7	- 7 49	4,11	0,19	17,0
70 p Офиуха . . . . .	4	18 0,4	+ 2 31	1,11	0,17	19,1
Vega . . . . .	1	18 33,6	+38 41	0,36	0,16	20,3
Грумбриджъ 1830 * . . . . .	7	11 47,2	+38 26	7,05	0,15	21,6

\* Названiя звѣздъ, отмѣченные въ этой табличкѣ звѣздочкой указываютъ какъ на имя астронома, составившаго звѣздный каталогъ (часть I, глава III, § 26), такъ и на порядковый номеръ звѣзды въ данномъ каталогѣ.\*

Судя по этой табличкѣ, предположенiе, что самыя яркiя звѣзды находятся ближе къ землѣ, вообще не подтверждается; повидимому, даже, наоборотъ, ближайшия сосѣдки нашего солнца принадлежатъ къ болѣе слабымъ звѣздамъ. Далѣе, звѣзда Грумбриджъ 1830, которая, насколько извѣстно до сихъ поръ, обладаетъ наибольшимъ собственнымъ движениемъ, навѣститъ насъ на раздѣлье относительно правильности заключенiя, что чѣмъ болѣе собственное движенiе звѣзды, тѣмъ ближе къ землѣ она находится. Въ видѣ другого подобнаго же примѣра укажемъ на Арктура, которая среди звѣздъ первой величины послѣ α Центавра обладаетъ наибольшимъ собственнымъ движениемъ, равнымъ 2,28, но не обнаруживаетъ никакого замѣтнаго параллакса. Слѣдуя Свангарелли, можно себѣ представить, что болѣе близки къ намъ звѣзды принадлежатъ къ особой звѣздной системѣ, въ которой всѣ отдѣльные члены обладаютъ приблизительно одинаковыми движенiями; въ такомъ случаѣ звѣзды этой системы, очевидно, должны были бы обнаруживать сравнительно незначительное собственное движенiе, и сообразно съ этимъ ближайшия къ намъ звѣзды слѣдовало бы искать во всякомъ случаѣ не среди тѣхъ, которыми обладаютъ наибольшимъ собственнымъ движениемъ. Подобныя же соображенiя побудили Боля предпринять систематическое изслѣдованiе параллаксонъ неподвижныхъ звѣздъ, причемъ онъ составилъ довольно обширный списокъ красныхъ переменныхъ звѣздъ, обладающихъ значительнымъ собственнымъ движениемъ, включивъ, впрочемъ, въ этотъ списокъ также и нѣкоторыя другiя звѣзды, и наблюдалъ ихъ около времени наибольшаго влияния параллакса (часть I, § 45). Такимъ образомъ Боля изслѣдовалъ въ общемъ 368 звѣздъ, но при этомъ только для двухъ звѣздъ подуть болѣе или менѣе значительные параллаксы. Поэтому, въ настоящее время можно съ достаточною увѣренностью высказать предположенiе, что только весьма немногiя звѣзды отстоятъ отъ насъ на разстоянii менѣе чѣмъ 6 свѣтовыхъ лѣтъ.

§ 177. **Размѣры неподвижныхъ звѣздъ и сравненiе ихъ яркости съ яркостью нашего солнца.** Еще болѣе скудны наши свѣдѣнiя относительно истинныхъ размѣровъ неподвижныхъ звѣздъ, такъ какъ ихъ видимые диаметры, вслѣдствiе чрезвычайной ихъ удаленности, совершенно ускользаютъ отъ нашихъ измѣренiй. Провда, Сириусъ, Канопъ, Арктуръ и другiя звѣзды первой величины съ ихъ живительнымъ свѣтомъ представляются невооруженному глазу въ видѣ точекъ довольно значительныхъ размѣровъ, но слѣдъ

\*) Несмотря на эти и нѣкоторыя другiя единичные исключительные случаи, для общаго массы звѣздъ разбираемаго здѣсь положенiя остаются вѣрными

ограждающей звезду со всех сторон и являющейся причиной ее мерцания, не есть ядро звезды, не есть самое тело звезды, и происхождение его надо искать не столько в звездах, сколько в несовершенствъ нашего глаза. Поэтому, звезды кажутся намъ тѣмъ меньше, чѣмъ совершеннѣе инструментъ, въ который мы ихъ разсматриваемъ, и въ хорошия зрительныя трубы онѣ представляются намъ въ видѣ настоящихъ точекъ. Но что звезды въ действительности обладаютъ нѣкоторыми размерами, которые лишь ускользаютъ отъ нашихъ измѣрительныхъ приборовъ, это легко можно видѣть изъ нижеприведенныхъ соображеній, которыя вѣрнѣе всего помогаютъ намъ сдѣлать по крайней мѣрѣ приближенную оценку видимыхъ диаметровъ этихъ свѣтилъ.

За недостаткомъ лучшихъ таныхъ сдѣлаемъ во всякомъ случаѣ возможное допущеніе, что всѣ звезды обладаютъ одинаковою силой свѣта, т. е. что равныя площади, лежащая на поверхности различныхъ звездъ, получаютъ одинаковыя количества свѣта. Въ такомъ случаѣ мы безъ труда можемъ опредѣлить отношенія радиусовъ звездъ, принадлежащихъ къ различнымъ классамъ. Назовемъ радиусы двухъ звездъ буквами  $h$  и  $H$ , силу свѣта первой буквою  $i$ , силу свѣта второй — буквою  $J$  и наконецъ звездныя величины той и другой — буквами  $m$  и  $M$ . При вышеуказанномъ предположеніи между этими величинами существуетъ слѣдующее соотношеніе

$$i : J = h^2 : H^2,$$

т. е. какъ поверхности двухъ шаровъ относятся между собой, какъ квадраты ихъ радиусовъ. Но такъ какъ, тѣмъ ярче звезда каждаго вышенаго класса въ 2,5 раза меньше яркости звезды предыдущаго вышенаго класса (§ 173), то вмѣстѣ съ тѣмъ должно существовать еще другое соотношеніе, а именно:

$$i : J = 2,5^M : 2,5^m.$$

Сравнивая между собою эти два соотношенія, получаемъ новое, а именно:

$$h : H = 2,5^M : 2,5^m.$$

Отсюда для  $h$  выводимъ слѣдующую величину:

$$h = \frac{HV\sqrt{2,5^M}}{2,5^m} = \frac{1,5811^M}{1,5811^m} \cdot H.$$

Если бы мы могли для какой-нибудь звезды, радиусъ которой  $H$  намъ извѣстенъ, опредѣлить хотя бы приближенно ея звездную величину  $M$ , то въ предыдущемъ уравненіи мы имѣли бы всѣ необходимыя данныя для того, чтобы вычислить средніе радиусы звездъ различныхъ классовъ. За такую переходную звезду мы можемъ принять наше солнце.

Радиусъ  $H$  нашего солнца намъ извѣстенъ весьма точно онъ равенъ 962", поэтому намъ необходимо только опредѣлить звездную величину нашего солнца. Эту величину мы можемъ вывести изъ фотометрическихъ измѣреній отношенія яркости нашего солнца къ яркости звезды, если только положимъ, что солнце въ среднемъ обладаетъ такой-же силой свѣта, какъ и звезды. Если оставить въ сторонѣ старыя опредѣленія Гершеля и Волластова, получившыя при помощи еще весьма несовершенныхъ вспомогательныхъ приборовъ, то въ послѣднее время Штейнтель, Бондъ и Кларкъ по совершенно различнымъ способамъ нашли для отношенія яркости солнца къ яркости Сириуса слѣдующія числа 3840, 5971 и 3600 или, въ среднемъ, 4470 миллионовъ. Далѣе, Сириусъ въ 9,12 разъ ярче ярче звезды первой величины (§ 173), слѣдовательно, наше солнце въ 40766 миллионовъ разъ ярче звезды первой величины. Переводя это на звездныя величины, мы можемъ сказать что солнце на 26,7 или крутымъ числомъ на 27 величинъ ярче звезды первой величины. Подобное же число недавно получилъ Горе слѣдующимъ путемъ. По размерамъ планеты и по ея разстоянію отъ солнца можно вычислить часть солнечнаго свѣта которая падаетъ на эту планету, а послѣ этого, зная альбедо планеты (§ 71), можно опредѣлить отношеніе яркости солнца къ яркости планеты, и, наконецъ, по известной звездной величинѣ планеты вышеописаннымъ способомъ можно найти также

и звездную величину солнца. Итакъ, едва ли мы сильно ошибемся, если примемъ, что солнце на 27 величинъ ярче звезды первой величины. Следовательно, звездная величина солнца равняется  $1 - 27 = -26$ . Положимъ же въ нашей формулѣ  $H = 962''$  и  $M = 26$ . Въ такомъ случаѣ для вычисления  $h$  въ секундахъ дуги будемъ имѣть такое выраженіе:

$$h = \frac{0,00645}{1,5811^m}$$

Слѣдовательно, видимые радиусы звездъ различной яркости выражаются слѣдующими величинами:

Величина.	Диаметръ.	Величина.	Диаметръ.
1 . . . . .	0,00408"	4 . . . . .	0,00103"
2 . . . . .	0,00258	5 . . . . .	0,00065
3 . . . . .	0,00163	6 . . . . .	0,00041

Предельными звездами, еще видимыми при помощи современныхъ рефракторовъ, мы можемъ считать звезды 15-ой величины; этимъ звездамъ соответствуетъ видимый диаметръ въ 0,0000067!"

Здѣсь мы можемъ предложить себѣ для разрѣшенія еще такой вопросъ: какаѣ звездная величина соответствовала бы нашему солнцу, если бы оно находилось отъ насъ на разстояніи, равномъ разстоянію какой-нибудь определенной звезды?

Мы знаемъ, что яркость некотораго источника свѣга уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія отъ него до насъ, и притомъ это уменьшеніе пропорционально квадрату разстоянія. Поэтому, называя буквой  $J$  яркость, соответствующую разстоянію, равному единицѣ звездныхъ разстояній (§ 175), а буквой  $i$  — яркость, соответствующую разстоянію  $r$ , мы будемъ имѣть соотношеніе:

$$i = J / r^2.$$

Но если буквой  $p$  обозначимъ годичный параллаксъ звезды, то еѣ разстояние отъ земли какъ мы видали въ § 175, вычисляется по формулѣ:

$$r = 1 / \sin p$$

Поэтому предыдущее соотношеніе принимаетъ видъ:

$$i = J \sin^2 p.$$

Но если мы примемъ яркость звезды первой величины за единицу (т. е.  $J = 1$  при  $M = 1$ ), то извѣстное намъ соотношеніе

$$i : J = 2,5^M - 2,5^m$$

для этого частнаго случая даетъ

$$i = 2,5 - 2,5^m = 1 : 2,5^{m-1}.$$

Поэтому, звездная величина солнца, соответствующая различнымъ разстояніямъ или различнымъ значеніямъ параллакса, можетъ быть получена изъ слѣдующаго уравненія

$$2,5^{m-1} = \frac{1}{J \sin^2 p} = \frac{1}{4076600000 \sin^2 p}.$$

Вычисления по этой формулѣ даютъ намъ слѣдующіе результаты

Параллаксъ $p$ .	Звѣздная величина солнца.	Параллаксъ $p$ .	Звѣздная величина солнца.
0,50"	2,56	0,25"	4,07
0,45 . . . . .	2,79	0,20 . . . . .	4,56
0,40 . . . . .	3,05	0,15 . . . . .	5,19
0,35 . . . . .	3,34	0,10 . . . . .	6,07
0,30 . . . . .	3,67	0,05 . . . . .	7,59

Сравнивая эти результаты съ величинами звездъ, параллаксъ которыхъ даны выше (§ 176), мы видимъ, что наше солнце по свѣту свѣга уступаетъ семи звездамъ, а именно:

з Центавра, Канель, Сиріусу, Промісу, Атаіру, Веті и 70 р Офлуха; длазе, оно обла- даетъ приблизительно такой-же силой свѣта, какъ и звѣзды:  $\gamma$  Кассіопей,  $\sigma$  Дракона,  $\varepsilon$  Индїица и  $O_2$  Эридан, остальные восемь звѣздъ оно, напротивъ того, превосходить по силѣ свѣта, такъ что въ общемъ оно, повидимому принадлежить къ звѣздамъ, обладаю- щимъ средней силой свѣта.

Несмотря на то, что яркость неподвижныхъ звѣздъ въ сравненіи съ яркостью на- шего солнца весьма мала, все же при помощи весьма чувствительныхъ термическихъ столбиковъ удалось обнаружить явные свѣты исприванія нашей земли неподвижными звѣздами. Впервые такой успѣхъ выпалъ на долю неутончанаго Гуттінгера, причѣмъ онъ обратилъ свое вниманіе на Сиріуса, Поллукса, Релула и Арктура. Впоследствии Стоне та- кимъ же путемъ нашелъ что это вліяніе отъ Арктура составляетъ 0,00000137%, а для Веті 0,00000092% по шкалѣ Фаренгейта, или другими словами, что Арктуръ и Вета, находясь на высотѣ 25° надъ горизонтомъ Гринвича, посылаютъ намъ столько же теплоты, какъ и восемь кубическихъ сантиметровъ кипящей воды на разстояніи соответственно 366 и 548 метровъ. Влажность въ воздухѣ значительно уменьшаетъ это количество те- плоты, а гончанины облака совершенно задерживаютъ ее. Стоне полагаетъ, что различіе между двумя только что названными звѣздами происходитъ оттого, что красные тепловые лучи сильнее поглощаются въ атмосферѣ близъ Веті, чѣмъ въ атмосферѣ красноватаго Арктура.

§ 178. **Физическія свойства звѣздъ.** Мы только что видѣли, что не можемъ осо- бенно похвастаться нашими свѣтными объ огромныхъ разстояніяхъ, отдѣляющихъ непо- движныя звѣзды отъ земли, напротивъ того, спектральный анализъ, независимый отъ разстоянія изслѣдуемаго предмета, глубоко проникъ въ тайну химическаго строенія этихъ отдаленныхъ міровъ. Природа звѣздъ, показавъ намъ нѣчто даже лучше, чѣмъ природа планетъ нашей солнечной системы, такъ какъ эти послѣднія посылаютъ намъ лишь от- раженный солнечный свѣтъ, и потому ихъ спектръ представляетъ собою, въ сущности говоря, не что иное, какъ спектръ солнца. Но прежде чѣмъ входить въ подробности отно- сительно химическаго состава звѣздъ скажемъ нѣкоторія замечанія къ тому, что было сказано о сущности спектральнаго анализа раньше при разсмотрѣніи солнечнаго спектра (§ 8).

Среди темныхъ линій солнечнаго спектра, которыя не соответствовали свѣтлымъ спектральнымъ линиямъ ни одного изъ земныхъ веществъ, особенное вниманіе астрофизи- ковъ обращало на себя одна. Она лежить въ весьма близкомъ разстояніи отъ двойной линіи  $D$ ,  $D$  имѣла и потому была обозначена буквой  $D_{\lambda}$ , а тотъ неизвѣстный элементъ, которому она принадлежать, вѣдѣние его присутствія на солнцѣ, получилъ названіе гелия.

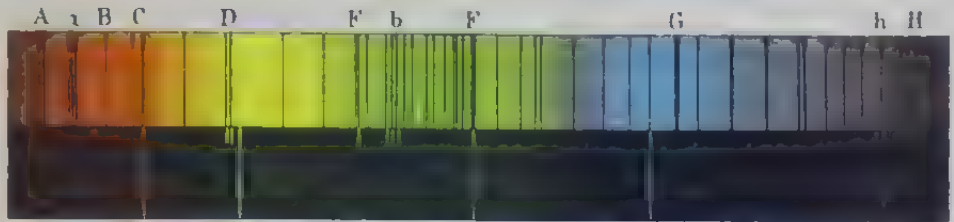
Линія гелия въ спектрѣ солнечной хромосферы появляется всегда вмѣстѣ съ ли- ниями водорода (§ 26), и внутреннее сродство гелия съ водородомъ доказывается еще тѣмъ, что присутствие гелия обнаружено на нѣкоторыхъ изъ тѣхъ кометныхъ хвостѣ, въ спектрѣ которыхъ наблюдаются свѣтлыя водородныя линіи.

Въ первой половинѣ 1895 года Рамзаю удалось извлечь изъ рѣдкаго минерала элемента новый газъ, въ спектрѣ котораго особенно рѣзко выступала линія гелия  $D_{\lambda}$ , а въ подробности изслѣдованіи спектра этого газа произведенныя Рунге и Пашеномъ, об- наружили въ этомъ спектрѣ еще цѣлый рядъ другихъ линій, совпадающихъ съ такими ли- ниями солнечнаго спектра, которыя до тѣхъ поръ не могли быть отождествлены съ ли- ниями ни одного земнаго вещества. Необходимо замѣтить, что по изслѣдованіямъ Рунге толь- ко одинъ изъ элементовъ газъ оказался не простымъ газомъ, а состоящимъ, повидимому, изъ двухъ элементовъ, которые не могли быть разделены: одного болѣе тяжелатаго (гелия) и другого болѣе легкаго.

Эти открытія весьма интересны и сами по себѣ, но они приобретаютъ еще боль- шее значеніе благодаря тому, что Х. Фотелю удалось обнаружить присутствіе наиболь-

# Спектры небесных тѣлъ.

## СОЛНЦЕ.

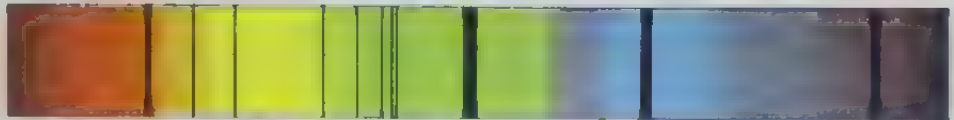


H $\alpha$

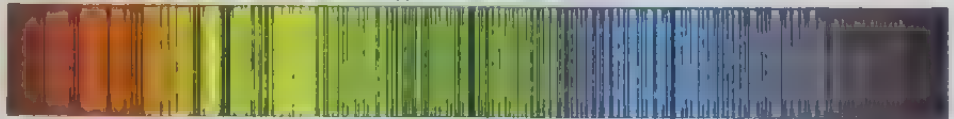
Fe Mg H $\beta$

H $\gamma$

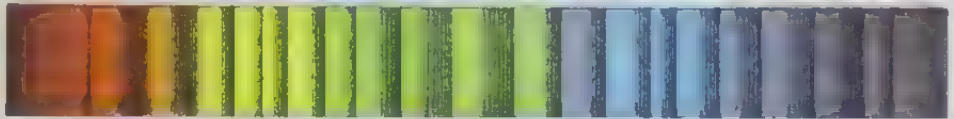
H $\delta$



Звѣзда 1<sup>го</sup> типа СИРИУСЪ



Звѣзда 2<sup>го</sup> типа ПОЛУКСЪ



Звѣзда 3<sup>го</sup> типа HERCULIS



Звѣзда 4<sup>го</sup> типа №78 по каталогу ШЕЛЛЕРУПА



ТУМАННОЕ ПЯТНО



КОМЕТА ЭНКЕ



A $\alpha$  B C

D

E $\beta$

F

G

h H

КОМЕТА 1882 Сентября 18

яркой линии гелия въ спектрахъ большого числа близкихъ звездъ и тѣмъ самымъ доказать, что этотъ газъ, столь рѣдко встрѣчающійся у насъ на землѣ, играетъ весьма значительную роль въ мировомъ пространствѣ.

Еще Фраунгоферъ зналъ, что спектры неподвижныхъ звездъ не только сильно отличаются другъ отъ друга, но отчасти также значительно уклоняются отъ солнечнаго спектра но астрономы не могли вывести отсюда никакихъ дальнѣйшихъ заключеній до тѣхъ поръ, пока Кирхгофъ не объяснилъ происхожденія темныхъ линий въ спектрѣ и не обнаружилъ такимъ образомъ ихъ важнаго значенія. Вѣдь затѣмъ, въ 1864 году, Гутгинсъ и Мидлеръ предприняли систематическое изслѣдованіе звѣздныхъ спектровъ, причемъ оказалось, что неподвижныя звѣзды состоятъ по большей части изъ тѣхъ же самыхъ элементовъ, которые мы находимъ на солнцѣ и которые намъ извѣстны также у насъ на землѣ. По обстоятельству, что самые распространенные въ мировомъ пространствѣ элементы, какъ-то водородъ, кальцій, натрій, магній, жельзо и т. д., принадлежатъ къ числу тѣхъ, которыя обуславливаютъ жизнь органическихъ существъ у насъ на землѣ, заставляетъ насъ подозревать, что природа если не всѣхъ, то по крайней мѣрѣ очень многихъ звездъ и ихъ планетъ не отличается существеннымъ образомъ отъ природы тѣхъ нашей солнечной системы.

Вскорѣ послѣ Гутгинса занялся изслѣдованіемъ звѣздныхъ спектровъ Секки, который убѣдился, что всѣ звѣздные спектры можно свести къ четыремъ типичнымъ формамъ. Изслѣдованія, начатыя Гутгинсомъ и Секки, съ успѣхомъ продолжали ДАрре, Фотель, Дунеръ, Дюкьеръ, Никеритъ и др. Но особенно обширные результаты были добыты въ послѣдніе годы, когда являлась возможность получать хорошия фотографическія снимки съ звѣздныхъ спектровъ — дѣйствиіе чего въ значительной степени обогатилось ихъ измѣреніе.

Четыре типа звѣздныхъ спектровъ, введенные итальянскимъ астрономомъ Секки, Фотель свелъ къ тремъ, соединивъ въ одинъ классъ третій и четвертый типы; но зато онъ каждый изъ трехъ классовъ раздѣлитъ на нѣсколько подгруппъ. Ниже дано описаніе спектровъ различныхъ типовъ вмѣстѣ съ тѣмъ къ тексту приложена тѣхъ таблицы, одна — раскромсѣнная со спектрами солнца, звѣзды 1-го, 2-го, 3-го и 4-го типовъ по Секки, туманнаго пятна и двухъ кометъ, другая — чертл. изображенная спектры нѣкоторыхъ отдѣльныхъ звѣздъ. \*

### Первый классъ (I).

Къ этому классу принадлежатъ непрерывные спектры, въ которыхъ наибольшую яркостью отличаются наиболѣе преломляемая часть, именно синія и фиолетовая. Эти спектры пересѣчены нѣлымъ рядомъ водородныхъ линій, которыя представляются въ видѣ темныхъ, обыкновенно широкихъ и размытыхъ, а нрѣдка рѣзкихъ и узкихъ линій посланенія и которыя по яркости вообще значительно превосходятъ металлическія линія, также наблюдаемыя въ этихъ спектрахъ. Въ очень рѣзкихъ случаяхъ водородныя линія, а также линія другихъ элементовъ возмужаютъ въ глѣ видѣ темныхъ линій посланенія, а въ видѣ свѣтлыхъ линій на фонѣ непрерывнаго спектра.

а) Къ этой группѣ принадлежатъ спектры, въ которыхъ преобладаютъ водородныя линія и совсемъ не наблюдаются линія, характеризующія добытыи изъ хлористаго газа.

Эта группа въ свою очередь подраздѣляется еще на три болѣе мелкихъ подгруппа:

а<sub>1</sub>) къ первому принадлежатъ спектры, въ которыхъ водородныя линія весьма широки и сильно развиты;

а<sub>2</sub>) ко второму относятся спектры, въ которыхъ на ряду съ водородными линіями выступаютъ также линія нѣкоторыхъ металловъ, а именно кальція и магнія



и натрія спектральныя линии других металлов весьма тонки и слабы, и при незначительномъ свѣтоторазсѣяннн ихъ очень трудно различить.

- a*) Группу подотдѣлъ охватываютъ спектры, въ которыхъ линнн различныхъ металловъ, въ особенности линнн жельза весьма многочисленны и интенсивны, и въ которыхъ главная линнн кальція (въ крайнемъ фиолетовомъ цвѣтѣ) иногда по интенсивности сравняется съ водородными линиями. Этотъ подотдѣлъ представляетъ прямой переходъ къ второму классу.
- b*) Ко второй группѣ относятся спектры, въ которыхъ кромѣ преобладающихъ водородныхъ линнн замѣтны также линнн клеветчатого газа. Кромѣ того, въ спектраль этой группн выступаютъ въ большемъ или меньшемъ числѣ линнн кальція, магннн, натрія и жельза.
- c*) Третью группн составляютъ спектры съ свѣтлыми линиями. Эта группн распадается на два подотдѣла:
- c*<sub>1</sub>) къ первому относятся спектры, въ которыхъ выступаютъ только втородные свѣтлыя линнн.
- c*<sub>2</sub>) ко второму принадлежатъ спектры, въ которыхъ кромѣ водородныхъ линнн наблюдается еще свѣтлыя линнн клеветчатого газа, кальція, магннн и другихъ металловъ.

### Второй классъ (II).

Ко второму классу относятся спектры, въ которыхъ весьма ясно выступаютъ металлическія линнн. Наиболее преломляемая часть въ этихъ спектрахъ блѣднѣе, чѣмъ въ спектрахъ перваго класса. Въ менѣе преломляемыхъ частяхъ выступаютъ иногда слабыя полосы поглощенія.

- a*) Къ этой группѣ принадлежатъ спектры съ весьма многочисленными металлическими линиями, которыя въѣствие ихъ интенсивности особенно легко можно различать въ желтомъ и зеленомъ цвѣтахъ. Втородные линнн по большей части интенсивны, но никогда не бываютъ такъ расширены, какъ въ спектрахъ типа I *a*. Въ спектрахъ въ которыхъ звѣтъ водородныя линнн довольно слабы, но въ такихъ случаяхъ въ менѣе преломляемыхъ частяхъ спектра обыкновенно бываютъ замѣтны слабыя полосы поглощенія (типъ II по Секки).
- b*) Ко второй группѣ второго класса относятся спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линнн и отдельныхъ слабыхъ полосъ выступаютъ также свѣтлыя линнн.

### Третій классъ (III).

Третій классъ охватываетъ спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линнн выступаютъ еще многочисленныя темныя полосы и въ которыхъ болѣе преломляющія части весьма слабы.

- a*) Къ первой группѣ этого класса относятся спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линнн наблюдается еще полосы поглощенія. Наиболее замѣчательныя изъ этихъ полосъ темны и рѣзко ограничены со стороны фиолетового цвѣта и блѣтны и размыты со стороны краснаго (типъ III по Секки).
- b*) Вторую группн третьяго класса составляютъ спектры, характеризующіеся весьма широкими полосами изъ которыхъ болѣе интенсивныя рѣзко ограничены и чрезвычайно темны со стороны краснаго цвѣта, но направленно же къ фиолетовому цвѣту они постепенно блѣднѣютъ. Такимъ образомъ размытнми они представляются съ противоположной стороны сравнительно съ полосами въ спектрахъ предыдущаго типа. Тотны же темныя полосы въ спектрахъ этого типа меньше, чѣмъ въ спектрахъ предыдущаго типа. Синія и фиолетовая части обыкновенно бываютъ чрезвычайно слабы (типъ IV по Секки).

Къ первому классу принадлежатъ все 14 звѣздъ, ко втору невооруженному глазу



Спектры звездъ.  
1. Великийкось.—2.  $\alpha$  Сурн. 3  $\gamma$  Сурн. 4.  $\beta$  Arctis.—5. Проксима 6. Арктуръ.

или, если онъ телескопический, то въ зрительную трубу представляются блынами. Впрочемъ особенно многочисленны только звезды типа I *a*; къ этому типу относится большая часть звезд первой величины, какъ-то Сириусъ (см. раскрашенную таблицу), Вега, Атаиръ, Денебъ (см. черную таблицу, а также рис. 220), Ригель и т. д., а также безчисленное множество болѣе слабыхъ звездъ, такъ что болѣе половины всехъ звездъ изълованныхъ при помощи спектроскопа, должны быть причислены къ этому типу.

Напротивъ того весьма рѣдко встрѣчаются спектры типовъ I *b* и I *c*. Къ первому изъ этихъ типовъ относятся звезды  $\rho$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\varepsilon$  Ориона (спектръ  $\gamma$  Ориона изображенъ на черной таблицѣ) и еще нѣсколько другихъ звездъ этого же созвездия, а также Антолъ и Сика; изъ звездъ типа I *c*, кромѣ нѣкоторыхъ телескопическихъ, то сихъ поръ извѣстно только двѣ представительницы,  $\beta$  Лиры и  $\zeta$  Кассиопеи.

Второй классъ охватываетъ желтыя звезды. Важнѣйшимъ представителемъ типа II *a* является наше солнце (см. раскрашенную таблицу), а также свѣта принадлежать Канопъ, Арктуръ (см. черную таблицу) Альдебаранъ, Полярная и т. д., короче говоря, около одной трети всехъ изълованныхъ звездъ типа II *b* представляеть на небѣ очень яркая свѣдло; сюда, кромѣ нѣсколькихъ звездъ въ созвездии Лебеди еще принадлежать двѣ весьма интересныя звезды, а именно переменная звезда R Близнецовъ и вновь открытая въ 1866 году звезда T Короны.

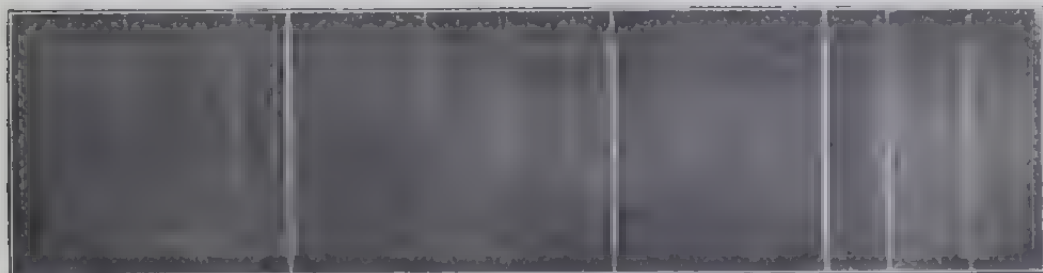


Рис. 220.

Къ третьему классу принадлежать красныя звезды, первымъ изъ нихъ III *a* между прочимъ относится  $\gamma$  Геркулеса (см. раскрашенную таблицу),  $\rho$  Пегаса, Вега, и др. Удивительна  $\varepsilon$  Кита) и большая часть переменныхъ звездъ типа XVIII. Въ высшей степени интересный типъ III *b* встрѣчается очень рѣдко, и представительница этого типа то сихъ поръ были найдены только среди телескопическихъ звездъ.

На раскрашенной таблицѣ, гдѣ мы уже гдѣ упоминали, изображены спектры различныхъ типовъ, и для сравненія тамъ также спектръ солнца. Тотчасъ же бр. съ себя въ глаза большое сходство этого послѣдняго со спектромъ типа II (его спектръ изображенъ). Схожась же съ солнечнымъ спектромъ, различаются свѣтлыя лини хромосферъ и протуберанцевъ: короткя принадлежать хромосферѣ, длинныя—протуберанцамъ.

Согласно съ основными предположеніями спектральнаго анализа въ первомъ классѣ вѣроятно сильно развиты, что содержится въ нихъ атмосферахъ пары металловъ могутъ проникать лишь весьма незначительное количество. Это въ спектрахъ этихъ звездъ или вовсе дѣлать отсутствіемъ темныхъ линий, или же видны ютъ лишь крайне тонкія лини. У звездъ второго класса, къ которымъ, какъ уже было замѣчено выше, относится также наше солнце, обнаруживая въ ихъ атмосферахъ уже и столько сильно развитыхъ, что они порождаютъ въ спектрахъ интеллигентныя лини поглощенія. Къ третьему классу относятся такія звезды, у которыхъ температура атмосферъ понизилась уже настолько, что въ этихъ атмосферахъ могутъ образовываться и развиваться значительныя количества твердыхъ веществъ, разбланныхъ въ нихъ состоятъ. Въ самомъ дѣлѣ, согласно съ этими

опытами, только сложные вещества могут производить болѣе или менѣе широкія полосы погашенія. Поэтому мы можем сдѣлать предположеніе, что звѣзды перваго класса принадлежатъ къ наиболее молодымъ небеснымъ тѣламъ, а звѣзды третьяго класса въ своемъ развитіи двинулись впередъ дальше всѣхъ остальныхъ. Поэтому, точное изслѣдованіе спектровъ звѣздъ третьяго класса и главнымъ образомъ типа III *b* представляетъ особенный интересъ, къ сожалѣнію, это изслѣдованіе вследствие незначительной яркости всѣхъ звѣздъ, относящихся къ этому послѣднему типу, сопряжено съ большими затрудненіями. Все же профессору Фогелю, при помощи большаго рефрактора Вѣнской обсерваторіи, удалось доказать, что въ составъ атмосферъ звѣздъ типа III *b* входятъ углеводородныя соединенія, и благодаря этому въ спектрѣ этихъ звѣздъ появляются характерныя для этого типа полосы погашенія.

Въ заключеніе этого параграфа считаемъ интереснымъ вкратцѣ коснуться одного способа опредѣленія температуры звѣздъ. Положимъ, что въ спектрѣ какого-нибудь источника свѣта наибольшую интенсивностью отличается цвѣтовой оттънокъ, которому соответствуетъ длина волны, равная  $\lambda$ , и допустимъ, что температура тѣла, испускающаго изслѣдуемый свѣтъ, есть  $T$ . Въ такомъ случаѣ по законамъ физики это произведеніе  $\lambda T$  есть величина постоянная. Это значитъ, что съ повышеніемъ температуры тѣла, наибольшую интенсивностью въ спектрѣ испускаемого имъ свѣта отличаются оттънки, характеризующіеся менѣею длиною волны. Вышеупомянутая постоянная можетъ быть опредѣлена только изъ опытовъ. Профессора Луммеръ и Прингсхеймъ опредѣлили эту постоянную для нѣкоторыхъ земныхъ тѣлъ, раскаленныхъ до свѣченія, и получили для нея число, заключающееся въ предѣлахъ отъ 2500 до 3000, при условіи, что длина волны  $\lambda$  выражена въ микронахъ, т. е. въ тысячныхъ доляхъ миллиметра. Баронъ Гаркани, работающій на обсерваторіи въ Опизла (въ Венгріи) сдѣлалъ попытку опредѣлить температуру нѣкоторыхъ звѣздъ, пользуясь указаннымъ выше закономъ о постоянствѣ произведенія  $\lambda T$ . Такъ какъ постоянная, которой должно равняться это произведеніе, для звѣздъ не можетъ быть опредѣлена изъ опытовъ, то Гаркани принялъ для нея значеніе, найденное Луммеромъ и Прингсхеймомъ для раскаленныхъ земныхъ тѣлъ. Для своихъ изслѣдованій онъ воспользовался спектральными наблюденіями Фогеля, директора астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, около Берлина. Такимъ образомъ онъ, конечно, не могъ получить очень точныхъ результатовъ, но все-же найденные имъ приближенныя температуры высшихъ слоевъ атмосферъ нѣкоторыхъ звѣздъ, повидимому, не противорѣчатъ действительности. Эти температуры въ крупныхъ числахъ указаны въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Звѣзда.	$T$ .	Звѣзда.	$T$ .
Сиріусъ . . . . .	6000°	Альдебаранъ . . . . .	2700°
Вега . . . . .	6000	Бетельгейзе . . . . .	3000
Арктуръ . . . . .	2500	Солнце . . . . .	5000 *

§ 179 Число звѣздъ. Еще въ древнѣйшія времена астрономы задавались вѣдно составленія звѣздныхъ каталоговъ, главнымъ образомъ съ намѣреніемъ дать своимъ потомкамъ возможность замѣнить по мѣстѣ пропавшія на небесной сферѣ перемѣны. Такъ, напр., внезапное появленіе звѣзды на небѣ побудило Гиппарха взяться за составленіе его звѣзднаго каталога. Этотъ каталогъ содержалъ нѣсколько болѣе 1000 звѣздъ, но онъ не дошелъ до насъ, такъ что древнѣйшимъ изъ каталоговъ, дошедшихъ до насъ, является каталогъ Птолемея, содержащій 1028 звѣздъ, но очень можетъ быть, что этотъ каталогъ представляетъ собою не болѣе, какъ воспроизведеніе каталога Гиппарха, къ которому древніе относили по мѣсто изъ Виргидія (звѣздъ говорится о Палидури, кормильцѣ Энея). Онъ примѣчаетъ, какъ по небу тихо катятся свѣтала.

\* Виргилій, Энеида, III, 515.

Въ Х-омъ столѣтiи нашего лѣтосчисленiя царь Абдалрахманъ Алсуфи предпринялъ пересмотръ Птолемея каталога и выполнилъ эту работу, но отзыву Штальеруна, съ такою точностью, что только «Уравометри» Аргеландера, составленная уже въ наши дни, могла соперничать съ нею. Послѣ этого новыя звѣздныя каталоги были составлены Адуль-Беемъ, который въ своей резиденци въ Самаркандѣ около 1437 году послѣ Р. Ур. снова пронаблюдать всѣ звѣзды Птолемея каталога. Въ Европѣ Тихо-Браге въ началѣ XVII-го столѣтiя впервые составилъ болѣе или менѣе точный звѣздный каталогъ, содержащiй 1005 звѣздъ. Почти одновременно съ этимъ Л. Бианеръ, прозванный, какъ отважный защитникъ своихъ единовѣрцевъ, *os protestantium*, издалъ первое болѣе или менѣе обширное собранiе звѣздныхъ картъ (*Uranometria*), состоящее изъ 51 листа, кибетъ съ звѣзднымъ каталогомъ, заключающимъ 1706 звѣздъ при этомъ онъ извелъ еще и новыя употреблющееся обозначенiе отдельныхъ звѣздъ греческими и латинскими буквами. За этимъ каталогомъ слѣдовалъ въ 1690 году каталогъ Гевелля, содержащiй 1564 звѣзды. Но и этотъ послѣднiй каталогъ былъ составленъ безъ помощи зрительной трубы, и потому онъ заключаетъ только звѣзды, видимыя невооруженнымъ глазомъ, да и то лишь нѣкоторую часть ихъ, такъ какъ при помощи инструментовъ того времени (диоптры и т. д.) можно было наблюдать только болѣе яркiя звѣзды. Впрочемъ число звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, сильно мѣняется въ зависимости отъ индивидуальныхъ особенностей наблюдателя и отъ климатическихъ условiй, такъ какъ число звѣздъ необыкновенно быстро увеличивается съ уменьшенiемъ яркости, и потому лишь нѣсколько болѣе острое зрѣнiе наблюдателя или только немного болѣе прозрачность воздуха дѣлаютъ видимымъ большое число новыхъ звѣздъ. Такъ, напр., по Аргеландеру, который считалъ свое зрѣнiе нормальнымъ, въ нашихъ широтахъ можно видѣть приблизительно 3300 звѣздъ, между тѣмъ какъ Хенсъ въ Монстерѣ своими обыкновенно острыми глазами видѣлъ на той-же самой площади неба 5421 звѣзду. Гузо, обладавшiй, повидимому, такимъ-же зрѣнiемъ, какъ и Аргеландеръ, во время своего многолѣтняго пребыванiя подъ тропиками, подсчиталъ число звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ на всемъ небѣ. Результаты этого подсчета приведены въ нижеслѣдующей табличкѣ:

Число звѣздъ.

Величина звѣздъ.	Въ сѣверномъ полушарiи.	Въ южномъ полушарiи.	На всемъ небѣ.
1 . . . . .	11	9 . . . . .	20
2 . . . . .	26	25 . . . . .	51
3 . . . . .	88	112 . . . . .	200
4 . . . . .	277	318 . . . . .	595
5 . . . . .	595	618 . . . . .	1213
6 . . . . .	1919	1721 . . . . .	3640

Такимъ образомъ, въ сѣверномъ полушарiи неба всего можно видѣть невооруженнымъ глазомъ 2916, въ южномъ — 2803, а на всемъ небѣ — 5719 звѣздъ. Следовательно, южное полушарiе приблизительно столь же богато яркими звѣздами, какъ и сѣверное.

Но кромѣ звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, на небѣ есть еще несравненно большее число телескопическихъ звѣздъ. Поэтому, звѣздные каталоги, которые были составлены при помощи зрительныхъ трубъ, содержатъ гораздо большее число звѣздъ, чѣмъ каталоги древнихъ. Первымъ изъ такихъ каталоговъ является каталогъ Фламестида, содержащiй 2866 звѣздъ и помѣщенный въ его *Historia coelestis Britannica*. Этотъ каталогъ въ смыслѣ точности можетъ, но крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, отвѣчать требованiямъ новаго времени. За нимъ слѣдовали въ серединѣ XVIII-го столѣтiя превосходные

звездные каталоги Братлея и Т. Майера. А затѣмъ въ XIX-омъ столѣтн стали появляться одинъ за другимъ многочисленныя новыя каталоги. Эти послѣднне можно раздѣлить на три класса. Къ первому классу относятся каталоги, дающе въ высшей степени точныя положенія звѣздъ, изъ которыхъ каждая наблюдалась при помощи меридианныхъ инструментовъ по нѣскольку разъ. Таковы, напр., каталоги Пиацци, Тайлора, Рюмкера, Джонсона, Стоне, Гульда и т. д. Въ эти каталоги занесены положенія приблизительно 70000 различныхъ звѣздъ. Второй классъ охватываетъ звездные каталоги, составленные на основанн зонныхъ наблюдений. При составленн такихъ каталоговъ небо раздѣляется на зоны болѣе или менѣе значительной широты, и въ каждой такой зонѣ наблюдается возможно большее число звѣздъ по способу, который позволяетъ работать весьма быстро и который даетъ все еще довольно значительную степень точности. Первые наблюдения такого рода были произведены Лакайлемъ и Даламберомъ за ихъ работами слѣдовали работы Бесселя, Артеландера и Ламона; затѣмъ идутъ зонныя наблюдения на обсерваториѣ въ Вашингтонѣ и въ Везвѣ и наконецъ весьма обширныя работы Гульда, которыя охватываютъ главнымъ образомъ звѣзды, невидимыя въ нашихъ широтахъ. Всѣ эти работы доставили положенія приблизительно отъ 150 до 160 тысячъ звѣздъ. Къ третьему классу относятся такъ называемыя обзоры неба, цѣль которыхъ заключается въ томъ, чтобы дать приближенное положенне всѣхъ звѣздъ до известной величины. Протогипъ такой работы намъ далъ Артеландеръ, который поставилъ свою цѣль подсчитать всѣ звѣзды сѣвернаго неба до 9-ой величины, а по возможности также и отъ 9-ой до 10-ой величины, другими словами, — всѣ звѣзды, видимыя въ трубу въ 8 сантиметровъ (3 парижскихъ дюйма) свободнаго отверстія и заключающіяся отъ сѣвернаго полюса до 2° южнаго склоненія, и на основанн этого подсчета начертить новую карту неба. Эта достойная вниманя работа была имъ усердно доведена до конца при содѣйствн Шенфельда и Крюгера и составила 324198 положенн звѣздъ. Впоследствии Шенфельдъ одинъ предложилъ этотъ обзоръ неба до тропика Козерога (до 23° южнаго склоненн) и такимъ образомъ прибавилъ еще новыхъ 133580 звѣздъ. Окончанне же этихъ работъ, т.-е. обзоръ неба отъ южной границы Шенфельда до южнаго полюса не только было предпринято, но уже весьма сильно двинуто впередъ астрономомъ Гоме на обсерваториѣ въ Кордобѣ.

Изъ основанн обзора неба, произведеннаго Артеландеромъ и Шенфельдомъ международное астрономическое общество при содѣйствн цѣлнго ряда обсерваторн предприняло точное опредѣленне положенн всѣхъ звѣздъ до 9-ой величины отъ сѣвернаго полюса до 23° южнаго склоненія. Наблюденн и ихъ вычисленн для той части неба, которую охватило обзорнне Артеландера, уже законченъ и болѣею частью даже опубликованы для южной же части неба наблюденн находятс въ полномъ ходу. Каталогъ, основанный на этихъ наблюденнхъ, будетъ содержать всего отъ 140 до 145 тысячъ звѣздъ и долженъ предстаннть, повиднмому, предѣль того, что мы можемъ сдѣлать пользуясь прежними способами наблюденн. Благодаря успѣхамъ астрофотографн, выразившимся въ томъ, что съ 1885 года явилась возможность, при помощи соответственныхъ инструментовъ при времени экваторна въ одинъ часъ, снимать всѣ звѣзды, видимыя въ свѣтлннице рефрактора нашего времени, т.-е. звѣзды отъ 15-ой до 16-ой величины (§ 173), а бывшнмъ директоромъ Парижской обсерваторн адмираломъ Муше созрѣлъ величественный планъ составленн карты всего неба, которая бы заключала всѣ звѣзды, видимыя въ наши свѣтлнницы инструмента. Но такъ какъ онъ хорошо сознавалъ, что выполненне такой работы не пошь силу одной обсерваторн, то онъ приложилъ свои стараня, чтобы обрести эту работу въ болѣею международное предпрннне и съ этою цѣлю черезъ Парижскую Академю Наукъ созвать весь астрономическн мръ на конгрессъ, для выработкн основныхъ принциповъ, которыхъ слѣдовало бы прнтерживаться при выполненн этой работы. Изъ этого

конгрессъ правительства и академіи почти всѣхъ культурныхъ народовъ прислали своихъ представителей. Такимъ образомъ со всѣхъ частей земного шара стеклось такое большое число знаменитыхъ ученыхъ, что этотъ конгрессъ обрѣлся въ самыя блестящія, когда-либо бывшія астрономическія сѣзды.

Изъ вышесказаннаго изложенія читатель легко составитъ себѣ понятіе о грандіозности задуманнаго предпріянія. Для того, чтобы положенія звездъ удовлетворяли точности, отвѣчающей современнымъ требованіямъ, одна минута дуги должна соответствовать на фотографической пластинкѣ, по меньшей мѣрѣ, линейному протяженію въ 1 мм. Поэтому одно клише (одна пластинка) не можетъ охватывать болѣе двухъ квадратныхъ градусовъ. Такимъ образомъ, чтобы сфотографировать все небо, требуется 21 000 клише, такъ какъ поверхность небесной сферы круглымъ числомъ заключаетъ 41 000 квадратныхъ градусовъ. Но чтобы случайныя пятнышки и другіе дефекты пластинокъ не могли ввести наблюдателя въ заблужденіе, необходимо съ каждой площадки неба сдѣлать по крайней мѣрѣ два снимка, вследствие чего общее число пластинокъ увеличивается до 42 000. Но кромѣ того многие снимки по различнымъ причинамъ, конечно, могутъ оказаться неудачными, и потому соответственныя площадки неба необходимо снять еще разъ, такъ что едва ли мы сильно ошибемся, если общее число снимковъ оценимъ въ 50 000. Такая работа одной обсерваторіи, конечно, не подь силу. Даже, если бы мы ограничились нашу задачу фотографированіемъ, напр., только сѣвернаго полушарія неба, то и въ этомъ случаѣ пришлось бы сдѣлать всего 25 000 снимковъ, причемъ въ одинъ вечеръ въ среднемъ едва ли можно получить болѣе трехъ. Далѣе, надо имѣть въ виду, что лунныя ночи, конечно, непригодны для этой цѣли, и потому общее число пригодныхъ ясныхъ ночей въ нашихъ широтахъ не можетъ быть болѣе ста, такъ что въ одинъ годъ можно сдѣлать около 300 снимковъ. Следовательно, для получения всѣхъ 25000 снимковъ одной обсерваторіи потребовалось бы отъ 80 до 90 лѣтъ. Отсюда съ очевидностью вытекаетъ необходимость участія въ этомъ предпріяніи многихъ обсерваторій, если только желательнo успѣшно довести его до конца въ сравнительно короткій срокъ. Но это только незначительная часть задачи.

Какъ бы ни были драгоценны сами по себѣ оригинальные снимки съ различныхъ частей неба, но для астрономовъ они приобретаютъ особенное значеніе и дѣлаются въ высшей степени полезными лишь послѣ измѣренія, т.-е. послѣ опредѣленія положенія звездъ, запечатлѣвшихся на фотографическихъ пластинкахъ, и послѣ сопоставленія ихъ въ видѣ звѣзднаго каталога. Если бы мы пожелали распространить это требованіе на всѣ звезды, видимыя при помощи современныхъ телескоповъ, то мы должны были бы измѣрять и занести въ каталогъ по крайней мѣрѣ 20 милліоновъ звездъ (§ 180). Это число настолько огромно, что, вѣроятно, лишь весьма немногіе могутъ составить себѣ правильное понятіе о немъ, какъ это явше всего вытекаетъ изъ вышесказаннаго изложенія.

Только при очень мелкомъ шрифтѣ можно на одной страницѣ въ quarto помѣстить точныя положенія 200 звездъ. Следовательно, каталогъ, содержащій 20 милліоновъ звездъ, заключалъ бы 100 000 такихъ страницъ. Соединивъ каждыя 1000 страницъ въ одинъ томъ, мы получили бы 100 виднѣтельныхъ томовъ in quarto! Еще къ болѣе неожиданнымъ результатамъ привели бы мы при подсчетѣ того времени, которое необходимо для измѣренія и занесенія въ каталогъ такого безчисленнаго множества звездъ. Поэтому исполненіе такой грандіозной работы, по крайней мѣрѣ въ наше время, слѣдуетъ считать недостижимымъ идеаломъ. Крайнимъ предѣломъ достижимаго является опредѣленіе положенія звездъ до 11-ой величины включительно, число которыхъ все же составляетъ три милліона. Если бы удалось осуществить это грандіозное предпріяніе даже въ такихъ болѣе узкихъ рамкахъ, то и въ этомъ случаѣ было бы достигнуто совершенно нецѣлѣвымъ успѣхъ, такъ какъ тогда число звездъ съ точно извѣстнымъ положеніемъ сравнительно съ тѣмъ, что мы имѣемъ теперь, увеличилось бы въ 20 разъ. Сображенія такого рода

были известны участникамъ парижскаго конгресса, вследствие чего они и рѣшили фотографировать всѣ звѣзды, видимыя въ современные телескопы, а заносить въ каталогъ только звѣзды до 11-ой величины.

Обзорнiя неба, сдѣланныя Аргелантеромъ и Шенфельдомъ и охватывающи, какъ уже было упомянуто, всѣ звѣзды до 9-ой величины (а отчасти также и болѣе слабыя), даютъ намъ возможность подсчитать число звѣздъ, принадлежащихъ къ различнымъ классамъ по яркости, вплоть до 9-ой величины. Ниже даны результаты подсчетовъ, сдѣланныхъ К. Литровымъ и Зелигеромъ.

Число звѣздъ.

Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.	Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.
1—6,5	4120	1369	7,6—8,0	11168	3800
6,6—7,0	3387	1347	8,1—8,5	22898	8313
7,1—7,5	6054	1952	8,6—9,0	52852	20509

Изъ этой таблички легко получаемъ другую, которая даетъ намъ общее число всѣхъ звѣздъ отъ первой величины до опредѣленнаго класса включительно.

Число звѣздъ.

Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.	Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.
1—6,5	4120	1369	1—8,0	25229	8468
1—7,0	8007	2716	1—8,5	48127	16781
1—7,5	14061	4668	1—9,0	100979	37290

Половина шаровой поверхности заключаетъ 20626,4, а поверхность шароваго пояса отъ экватора до 23° склоненія только 8059,2 квадратныя градусы. Следовательно, поверхность этого пояса составляетъ 0,39073 поверхности полушарія. Поэтому, если бы южное полушаріе неба было также богато звѣздами, какъ и сѣверное, то число звѣздъ въ зонѣ отъ экватора до 23° южнаго склоненія должно было бы равняться 39455, что достаточно хорошо согласуется съ результатами, получаемыми непосредственно изъ наблюдений. Поэтому мы имѣемъ полное право заключить, что южное полушаріе неба столько же богато звѣздами, включительно до 9-ой величины, какъ и сѣверное.

Что касается болѣе слабыхъ звѣздъ, то при уменьшеніи яркости на половину звѣздной величины число звѣздъ увеличивается приблизительно вдвое. Поэтому, если звѣзды до 15<sup>й</sup> величины, т.-е. вплоть до слабѣйшихъ, которыя мы еще можемъ видѣть въ наши рефракторы, равномерно распределены въ пространствѣ равномерно, то общее число звѣздъ включительно до этого класса на одномъ полушаріи должно составить 827 миллионовъ, а на всемъ небѣ 1650 миллионовъ!

§ 180 **Распределеніе звѣздъ въ пространствѣ.** Впрочемъ допустить, что звѣзды также и ниже 9-ой величины, вплоть до слабѣйшихъ, которыя мы еще можемъ видѣть въ телескопы, равномерно распределены въ пространствѣ, едва ли справедливо, напротивъ того, многое говоритъ противъ такого предположенія. Въ самомъ дѣлѣ, если бы звѣзды были равномерно распределены по всему безграницьному пространству, то во всякой части неба, куда бы мы ни направили телескопъ, мы должны были бы видѣть, очевидно, одинаковое число звѣздъ. Въ дѣйствительности же этого вовсе нѣтъ. Такъ, напр., В. Гершгольцъ при своемъ подсчетѣ звѣздъ при помощи двацилндроваго рефлектора, въ наиболѣе богатыхъ звѣздами частяхъ неба часто видѣлъ въ поѣхъ зрѣнія заразъ только три или четыре звѣзды, между тѣмъ какъ въ другихъ, болѣе бѣдныхъ звѣздами областяхъ это число доходило до 588. Мѣстами же звѣзды такъ скучены, что собственно подсчитать ихъ становится совершенно невыполнимымъ. Такъ, напр., въ одномъ мѣстѣ въ созвѣздіи Ориона



Гершель въ небольшой полосѣ въ 15° длину и въ 2° ширину насчиталъ болѣе 50 000 звездъ. И во всякомъ случаѣ, это мѣсто еще не является наиболѣе обильной звѣздами областью, какія мы только знаемъ. Гюйгенсъ при помощи своей, еще далеко несовершенной трубы, поле зрѣнія которой было очень мало, видѣлъ въ щитѣ Оріона заразъ болѣе 2000 звездъ. Точно также В. Гершель въблизи млечнаго пути одинъ разъ пропустилъ черезъ поле зрѣнія своего рефрактора въ теченіе 41 минуты не менѣе 258 000 звездъ, а другой разъ въ теченіе четверти часа 116 000.

Такого рода явленія мы легче всего можемъ понять, допустивъ, что въ безграничномъ пространствѣ, звѣзды не расположены одна за другой, простираясь такимъ образомъ къ безконечности, но что, напротивъ того, окружающая насъ звѣздная система со всѣхъ сторонъ заключена въ опредѣленные границы, за которыми начинаются обширныя лишеныя звездъ области, и мы по нѣкоторымъ направленіямъ находимся въ этихъ областяхъ ближе, чѣмъ по другимъ. Этотъ взглядъ пріобрѣтаетъ большую или меньшую степень вѣроятности благодаря изслѣдованіямъ обоихъ Гершелей, которые нашли, что богатая звѣздами область не разсыпана по небу безъ всякой правильности, но что число звездъ весьма правильно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ млечному пути, этой широкой свѣтлой полосѣ которая въ видѣ большаго круга гинется черезъ все небо. Объ этомъ увеличеніи числа звездъ, при переходѣ отъ полюсовъ млечнаго пути къ самому млечному пути, читатель составитъ себѣ ясное представленіе на основаніи нижеслѣдующей таблицы, въ которой для сѣвернаго полушарія даны результаты, полученные Вильгельмомъ Струве изъ наблюденій В. Гершеля, а для южнаго — результаты, выведенные Д. Гершелемъ изъ его собственныхъ наблюденій произведенныхъ на мачѣ Доброй Надежды при помощи большаго отражательнаго телескопа (рис. 221).

Угловыя разстоянія отъ полюсовъ млечнаго пути.	Среднее число звездъ, видимыхъ заразъ въ телескопъ, поле зрѣнія котораго равняется 15'	
	Для сѣв. полуш. (В. Струве).	Для южн. полуш. (Д. Гершель).
0°—15° . . . . .	4,32 . . . . .	6,05
15 —30 . . . . .	5,42 . . . . .	6,62
30 —45 . . . . .	8,21 . . . . .	9,08
45 —60 . . . . .	13,61 . . . . .	13,49
60 —75 . . . . .	24,09 . . . . .	26,29
75 —90 . . . . .	53,43 . . . . .	59,06

В. Гершель, которому, кстати сказать, первому удалось при помощи его огромнаго телескопа разрыть млечный путь во многихъ его частяхъ на отдѣльныя слабыя, весьма близки другъ къ другу звѣзды, на основаніи правильнаго хода вышеприведенныхъ чиселъ заключилъ, что вся совокупность звездъ имѣетъ форму чечевицы, и что мы и всѣ наша планетная система находимся не очень далеко отъ центра этого огромнаго чечевицеобразнаго склоненія звездъ, вследствие чего оно и представляется намъ въ томъ видѣ, въ какомъ мы его наблюдаемъ на небѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если мы будемъ смотрѣть на острый край этой чечевицы, то мы увидимъ безчисленное множество звездъ, расположенныхъ весьма близко другъ отъ друга, если же, напротивъ того, мы будемъ смотрѣть по направленію къ центрамъ обоихъ боковыхъ поверхностей этой огромной чечевицы, т.-е. по направленію къ полюсамъ упомянутого выше острого края, то мы заметимъ лишь небольшое число далеко другъ отъ друга отстоящихъ звездъ. Если уподобить всю звѣздную систему огромному дустовому дѣсу, то въ первомъ случаѣ мы видимъ большое число деревьевъ, хотя и далеко другъ отъ друга отстоящихъ, по вѣдѣствію перспективы представляющихся скученными, во второмъ же передъ нашими глазами находится лишь не-

значительное число расположенных по сторонам от нас деревьев. Полосы млечнаго пути лежатъ одинъ — въ созвѣздіи Волосъ Вероники, другой — въ созвѣздіи Скульптурной Мастерской, и даже неопытному наблюдателю, если онъ случайно направитъ телескопъ на эти области неба, тотчасъ же бросится въ глаза, что обѣ онѣ почти совершенно лишены звѣздъ.

Но можно идти и еще дальше и на основаніи числа звѣздъ, видимыхъ заразъ въ полѣ зрѣнія телескопа, попытаться точнѣе опредѣлить какъ форму того звѣзднаго скопленія, въ которомъ мы сами находимся, такъ и наше положеніе внутри него, если только мы допустимъ, что звѣзды до самыхъ границъ этого скопленія распределены равномерно.

Представимъ себѣ конусъ, вершина котораго совпадаетъ съ глазомъ наблюдателя или, что въ данномъ случаѣ то-же самое, съ центромъ солида, и у котораго уголъ при вершинѣ составляетъ ровно  $90^{\circ}$ .

Положимъ, что этотъ конусъ пересѣченъ нѣсколькими плоскостями, перпендикулярными къ его оси. Пусть первая изъ этихъ плоскостей отстоитъ отъ вершины конуса на разстояніи, равномъ 5 единицамъ длины, введеннымъ въ разсмотрѣніе въ § 175 или, иначе говоря, 16.2 свѣтовыхъ годамъ, и, слѣдуя Гершелею, назовемъ это разстояніе радиусомъ сиріусовымъ разстояніемъ. Вторая плоскость сѣченія должна отстоять отъ вер-



Рис. 221.

шины конуса вѣсѣе дальше, третья — вѣсѣе дальше и т. д. Очевидно, что первая плоскость въ сѣченіи съ конусомъ даетъ кругъ, радіусъ котораго равняется одному сиріусовому разстоянію, и на окружности этого круга можно себѣ представить шесть звѣздъ отстоящихъ послѣдовательно другъ отъ друга на одно сиріусово разстояніе. Такъ какъ звѣзда, лежащая въ центрѣ этого круга, отстоитъ отъ каждой изъ звѣздъ, расположенныхъ по его окружности также на одно сиріусово разстояніе, то въ первой плоскости сѣченія мы имѣемъ, слѣдовательно, всего семь равноотстоящихъ звѣздъ.

Вторая плоскость сѣченія въ сѣченіи съ конусомъ даетъ кругъ, радіусъ котораго равняется двумъ сиріусовымъ разстояніямъ, слѣдовательно, на его окружности мы можемъ представить себѣ 12 звѣздъ, отстоящихъ послѣдовательно другъ отъ друга на одно сиріусово разстояніе. Но, кромѣ того, изъ центра этого круга мы можемъ описать еще другой, концентрическій съ нимъ кругъ радіусомъ, равнымъ одному сиріусовому разстоянію, этотъ кругъ равенъ кругу, полученному въ сѣченіи первой плоскости съ конусомъ, и потому мы, подобно предыдущему, можемъ представить себѣ на его окружности шесть звѣздъ и въ центрѣ еще одну. Такимъ образомъ, во второй плоскости сѣченія будетъ находиться всего 19 звѣздъ.

Въ третьей плоскости сѣченія мы можемъ подобнымъ же образомъ провести три

концентрическихъ круга, радиусы которыхъ соответственно равняются одному, двумъ и тремъ свисовымъ разстоянiямъ. На окружностяхъ этихъ круговъ мы можемъ представить себѣ соответственно 6, 12 и 18 звездъ. Кроме того одна звезда должна находиться въ общемъ центрѣ этихъ круговъ, такъ что третья плоскость будетъ заключать всего 37 звездъ. Такимъ же образомъ четвертая плоскость будетъ заключать 61, пятая 91, шестая—127 звездъ и т. д.

Считая солнце, находящееся въ вершинѣ конуса, также за звезду, мы, помощью простаго сложения, находимъ, что внутри конусообразнаго пространства заключается отъ вершины

до первой плоскости . . . . .	8 звездъ
» второй » . . . . .	27 »
» третьей » . . . . .	64 »
» четвертой » . . . . .	125 » и т. д.

Эти числа, какъ нетрудно убѣдиться, представляютъ собою кубы ряда чиселъ 2, 3, 4, 5. Следовательно, вообще въ конусообразномъ пространствѣ отъ вершины до  $(n - 1)$ ой плоскости заключается всего  $n^3$  звездъ, если сюда включить также и звезду, находящуюся въ вершинѣ.

Расположимъ по оси нашего конуса зрительную трубу, въ такомъ случаѣ мы увидимъ въ нее на небѣ, большую круговую площадку. Если мы отъ всѣхъ точекъ окружности, ограничивающей эту площадку, проведемъ прямыя линiи къ глазу наблюдателя то мы получимъ другой, гораздо меньшiй конусъ, который имѣетъ съ большимъ конусомъ общую вершину, общую ось и одинаковую высоту. Иначею, что пространства, охватываемыя обоими конусами, относятся между собою, какъ квадраты радиусовъ ихъ оснований. А эти радиусы пропорціональны тангенсамъ угловъ, составляемыхъ осью съ образующими, и, следовательно, только это упомянутое пространство относится между собою какъ квадраты тангенсовъ этихъ угловъ.

Радиусъ круговаго поля зрѣнiя трубы, т. е. радиусъ основанiя маленькаго конуса, составляеть двѣ зеркально телескопа, которымъ наблюдаеть В. Гершель,  $0^{\circ} 7' 32''$ , и квадратъ тангенса этого угла равняется 0,000004802. Радиусъ основанiя большаго конуса составляеть  $45'$ , и тангенсъ этого угла равенъ единицѣ. Следовательно объемъ большаго конуса относится къ объему маленькаго какъ 1 къ 0,000004802

Но съ другой стороны объемы тѣхъ же конусовъ относятся между собою, какъ числа звездъ, заключающихся въ этихъ конусахъ, при допущенiи, что звезды въ нихъ распределены равномерно. Но въ большомъ конусѣ, если мы представимъ его продолженнымъ до  $(n - 1)$ ой сѣкущей плоскости, заключается  $n^3$  звездъ. Поэтому, если мы буквою  $n$  обозначимъ число звездъ, видимыхъ заразъ въ полѣ зрѣнiя трубы, то получимъ слѣдующее отношенiе:

$$n^3 : n = 1 : 0,000004802.$$

Отсюда вытекаетъ, что искомое число  $n$  равняется кубическому корню изъ числа  $n$ , раздѣленнаго на 0,000004802, или, что то-же самое, кубическому корню изъ числа 208244  $n$ .

Такимъ образомъ, намъ еще надо знать, сколько звездъ заразъ можно видѣть въ полѣ зрѣнiя телескопа въ различныхъ мѣстахъ неба. Согласно съ наблюденiями В. Гершеля для наиболѣе обильныхъ звездами областей неба  $\alpha = 588$ , откуда получаемъ  $n = 497$ . Это значить, что наиболѣе отдаленныя звезды, видимыя нами по этому направлению, отстоятъ отъ насъ на 497 свисовыхъ разстоянiй, т. е. отдалены отъ насъ такимъ разстоянiемъ, которое свѣтъ проходить приблизительно въ 8000 лѣтъ. Точно также для наиболѣе бѣдныхъ звездами областей неба мы имѣемъ  $\alpha = 3$ , откуда получаемъ  $n = 79$ . Дру-

лими словами, по этому направлению граница нашего звездного скопления состоит от нас на 79 сирiusовых расстояний или на 1260 световых летъ.

Такимъ образомъ, подобные подсчеты даютъ намъ въ руки средство определять протяженіе нашей звездной системы по различнымъ направлениямъ: на этомъ основаніи такіе подсчеты были названы «звездными «стандонирами»». Если такіа «звездныя стандарты» приведены по всему небу, то мы можемъ вычислить соответствующія каждому отдельному «стандониранію» расстоянія до звѣзды, находящейся на границахъ нашего звездного скопления, и затѣмъ огложить по различнымъ направлениямъ отъ точки, представляющей мѣсто нашего наблюденія, длины, пропорціональныя этимъ расстояніямъ. Соединивъ концы этихъ линій, мы получимъ глыбу, представляющую форму нашего звездного скопления съ такою точностью, какую только допускаютъ вышеупомянутыя «стандониранія». Сѣченіе этой глыбы, проходящее черезъ созвѣздія Ора, Водолея, Южныхъ Рыбъ, Кита, Зридна, Единорога, Гидры, Льва, Волосъ, Вероники, Охотничьихъ Псовъ, Короны и Геркулеса, по В. Гершелю имѣетъ форму, представленную на рис. 222, причѣмъ буквою S обозначено положеніе нашей планетной системы.

Общее число звѣздъ, находящихся во внутреннемъ шарообразномъ ядрѣ, радиусъ котораго равенъ 79 сирiusовымъ расстояніямъ, составляетъ около  $4 \frac{1}{2}$  милліоновъ, тогда какъ число небныхъ звѣздъ, заключающихся въ нашемъ звездномъ скопленіи, Гершелю оцениваетъ въ 20 милліоновъ, съ чѣмъ вполне согласенъ В. Струве, который весьма подробно разобралъ наблюденія Гершеля въ своихъ «Etudes d'astronomie stellaire». Такимъ образомъ, приблизительно четыре пятыхъ всѣхъ видимыхъ нами звѣздъ приходится на отроги, исходящія отъ основнаго ядра.



Рис. 222.

Рис. 222 только въ томъ случаѣ даетъ намъ вѣрное изображеніе вышеуказаннаго сѣченія, если справедливо предположеніе, что нигдѣ не встрѣчаются мѣстныя весьма значительныя скопленія звѣздъ. Но такіа скопленія, по всей вѣроятности, существуютъ, какъ въ этомъ убѣдился еще В. Гершель въ послѣдніе годы своей жизни.

Поэтому онъ неоднократно видоизмѣняетъ въ своемъ предствленіи форму нашей звездной системы В. Струве, который также весьма подробно занимается этимъ вопросомъ, настаиваетъ, что въ плоскости млечнаго пути мы видимъ въ полѣ зрѣнія грубы зародъ такое большее число звѣздъ не только потому что въ этомъ направленіи границы нашего звездного скопления лежатъ дальше отъ насъ, чѣмъ по другимъ направлениямъ, но также и потому, что тамъ звѣзды и въ действительности находятся гораздо ближе другъ къ другу. Согласенъ съ этимъ взглядомъ граница нашей звездной системы должна быть значительно ближе къ намъ чѣмъ это предполагалъ Гершель и потому форма нашего звездного скопления должна быть приближаться къ шарообразной. Еще необходимо замѣтить, что, въ то время какъ въ млечномъ пути и окрестности него вообще звѣзды скучены болѣе всего, значительная часть яркихъ звѣздъ (до  $\frac{1}{3}$  ихъ величины) лежитъ въ полосѣ, которая съ млечнымъ путемъ составляетъ уголъ приблизительно въ  $25^\circ$  и пересѣкаетъ его около созвѣздія Южнаго Креста и Кассіопеи. Фактъ, который впервые былъ замѣченъ относительно южнаго полюса Д. Гершелемъ, а впоследствии болѣе подробно былъ изслѣдованъ Гульдомъ въ Картобъ съ Аргентинской республикой) и въ Сѣверной Америкѣ.

§ 181. **Описаніе млечнаго пути.** Начнемъ описаніе млечнаго пути съ созвѣздія Кассіопеи. Млечный путь проходитъ между звѣздами  $\gamma$  и  $\epsilon$  Кассіопеи, гдѣ отъ него отдѣляется боковая звѣзда, принимающая болѣе южное направленіе по звѣзду  $\epsilon$  Персея и затѣмъ переходящая южной Шведъ и Гадъ. Главная вѣтвь млечнаго пути отличающаяся

въ этомъ мѣстѣ, несомнѣнной яркостью, направляется черезъ Канеллу въ Возничемъ, черезъ ноги Близначевъ, черезъ рога Тельца и вѣрѣетъ палицу Орiona къ экватору, которой она пересѣкаетъ въ шеѣ Единорога. Начиная отсюда яркость млечнаго пути значительно увеличивается. У кормы Корабля отдѣляется вѣтвь, идущая къ югу по направлению на  $\gamma$  Арго, гдѣ она внезапно прерывается. Главная часть млечнаго пути идетъ дальше до  $33^\circ$  южнаго склоненiя, гдѣ она принимаетъ форму вѣера и также прерывается, достигая  $20^\circ$  въ ширину. Такимъ образомъ у звездъ  $\gamma$  и  $\lambda$  Арго образуется пробѣль въ млечномъ пути: впрочемъ вѣеръ оный опять появляется, причемъ вначалѣ ширина его равняется, какъ и раньше  $20^\circ$ , но уже у ногъ Центавра и въ созвѣзди Южнаго креста оный дѣлается все уже и уже, пока наконецъ не переходитъ въ полосу ширинною всего отъ  $3^\circ$  до  $4^\circ$ . Но вѣеръ послѣ этого млечный путь дѣлается опять болѣе яркимъ и болѣе широкимъ и на дальнѣйшемъ протяженiи заключаетъ въ себя звезды  $\beta$  Центавра  $\alpha$  и  $\beta$  Креста. Здѣсь среди млечнаго пути лежитъ чернѣйшій грушевидный «Угольный мѣшокъ», представляющii собою весьма замѣчательную область южнаго неба, которая своимъ броскимъ тенемъ въ глазъ темнотой обизана не столько отсутствiемъ звездъ (въ астрономическую трубу можно видѣть въ этомъ мѣстѣ не только большое число звездъ, но даже звездныя кучи), сколько контрасту съ весьма яркими областями млечнаго пути, которыя непосредственно, почти безъ всякаго перехода, окружаютъ «Угольный мѣшокъ» (рис. 223).

Въ этомъ мѣстѣ, нѣсколько ниже «Угольнаго мѣшка», млечный путь ближе всего подходитъ къ южному полюсу. Около  $\alpha$  Центавра млечный

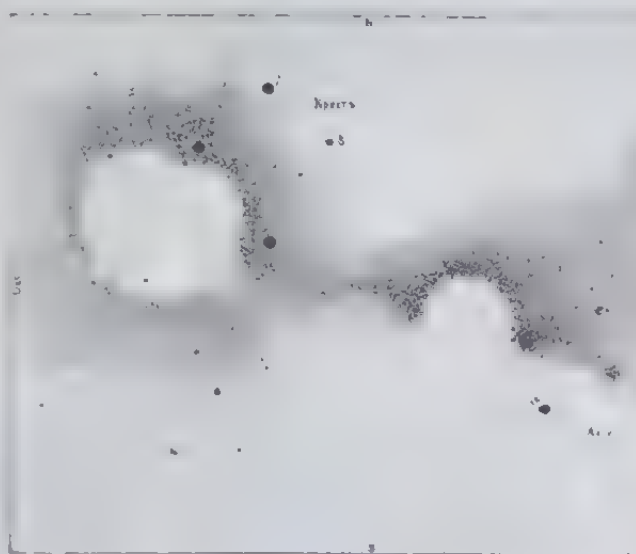


Рис. 223.

путь раздѣляется на нѣсколько частей. Сначала идетъ узкая полоса къ северу по направлению къ созвѣздию Волка, гдѣ она и теряется, другая вѣтвь начинается южнее звезды  $\gamma$  Южнаго Треугольника. Эта вѣтвь въ свою очередь раздѣляется на двѣ части. Сѣверная часть отличается неправильными очертанiями и гаснетъ до ногъ Змѣносеца: гдѣ она и исчезаетъ, южная часть представляетъ теперь главную вѣтвь млечнаго пути и идетъ черезъ созвѣздіе Алтара, черезъ хвостъ Скорпиона по направлению къ луку Стрѣльца; далее, эта вѣтвь млечнаго пути, безъ перерывовъ, въ видѣ туманной полосы, проходитъ черезъ созвѣздія Оры, Стрѣлы и Либыцы до созвѣздія Лебеди. Здѣсь млечный путь принимаетъ весьма неправильныя очертанiя, причемъ между  $\epsilon$ ,  $\alpha$  и  $\gamma$  Лебеди находится большое темное пространство, которое Д. Гершель сравнивалъ съ «Угольнымъ мѣшкомъ» въ Южномъ Крестѣ и которое служить какъ бы центромъ для трехъ вѣтвей млечнаго пути. Одна изъ этихъ вѣтвей, отличающаяся значительною яркостью, направляется назадъ черезъ  $\beta$  Лебеди и  $\epsilon$  Оры, но все же не доходитъ до выше упомянутой вѣтви, которая теряется въ ногахъ Орла (Змѣносеца). О боковой вѣтви звездъ млечнаго пути около звезды  $\beta$  Лебеди на-

гляное понятие дать рис. 224, представляющий собою фотографию, снятую Барнардомъ на Ликской обсерватории. Около головы Цефея, следовательно, вблизи созвездия Бассеуса, съ которой мы начали наше описание, отъ млечнаго пути отдѣляется значительная побочная вѣтвь, которая направляется къ созвѣздию Малой Медвѣдицы и къ сѣверному полюсу. На рис. 225 изображена, на основаніи наблюденій Хейса, часть сѣвернаго млечнаго пути, содержащая между прочимъ и эту вѣтвь.

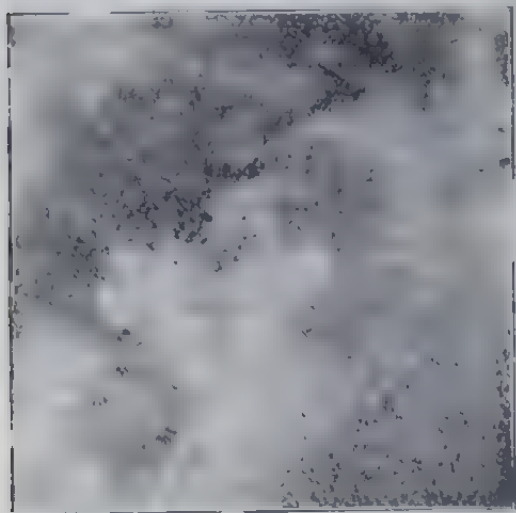


Рис. 224.

Тя думъ большаго круга, проходящей черезъ все небо. Но если бы нашъ глазъ былъ удаленъ отъ центра этого чечевицеобразнаго скопленія на разстояніе, равное диаметру этой чечевицы, то все скопленіе намъ представилось бы въ видѣ диска съ диаметромъ въ 53°. На разстояніи 100 диаметровъ мы усматривали бы весь млечный путь только подъ угломъ въ 36°, следовательно, что касаясь до его видимыхъ размѣровъ, то онъ былъ бы меньше известнаго туманнаго пятна въ созвѣздіи Андромеды, имѣющаго также форму чечевицы.

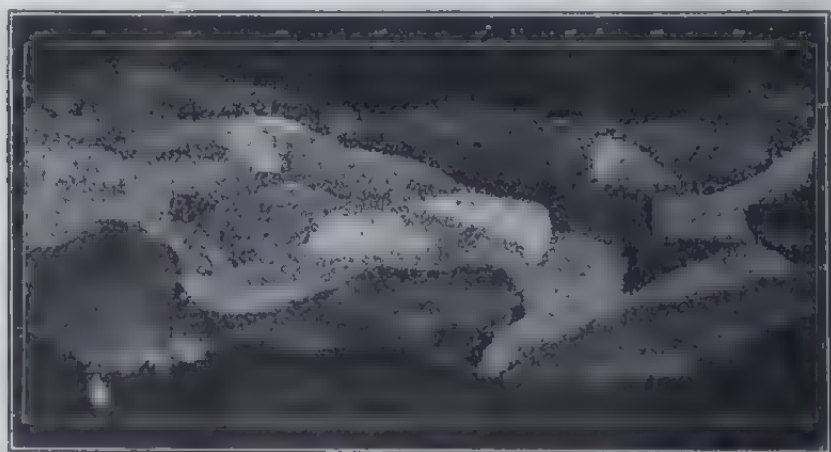
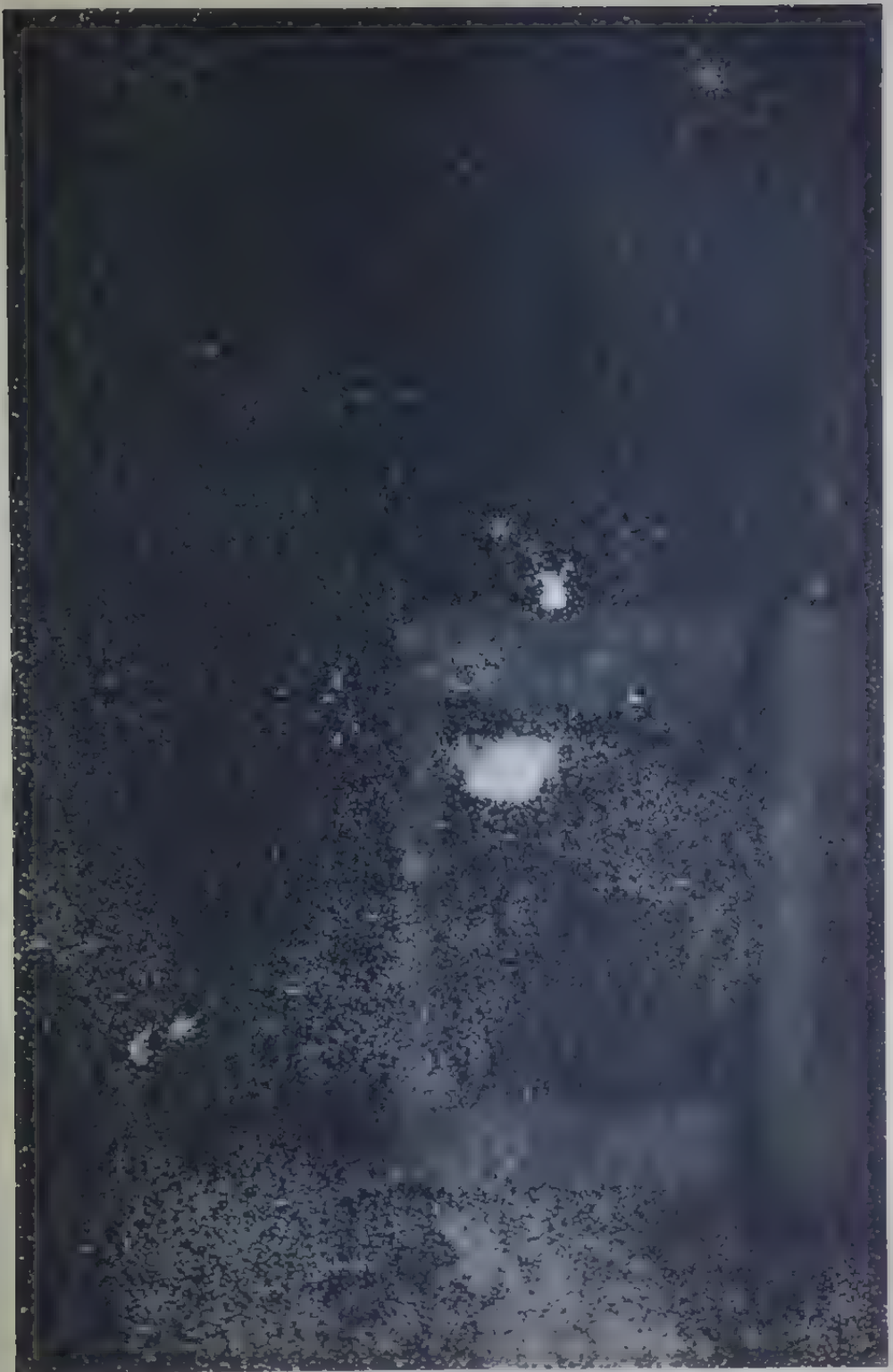


Рис. 225.

А въ такомъ случаѣ, не представляется ли и это туманное пятно тоже млечный путь, но настолько удаленный отъ насъ, что мы не можемъ отличить отдѣльныя звѣзды, входящія въ его составъ, и потому усматриваемъ его лишь въ видѣ слабого туманнаго облака? Такихъ туманностей на небѣ существуетъ много, и только что высказанное предположеніе по этому случаю является тольکو вѣроятнымъ. Въ самомъ дѣлѣ, еще



Часть млечного пути въ созвѣздіи Стрѣльца, по фотографіи снятой на  
обсерваторіи въ Ареквицѣ.

В Гершель многія изъ этихъ удивительныхъ туманностей призналъ за весьма гнѣсныя скопленія звездъ; при помощи своего могущественнаго телескопа онъ могъ разложить ихъ на большое число весьма слабыхъ и въ высшей степени близкихъ другъ къ другу звездочекъ, между тѣмъ какъ другія подобныя же образования, даже въ сильнѣйшіи астрономическія трубы, сохранили видъ туманностей. Отсюда онъ заключилъ, что эти послѣднія удалены отъ насъ по крайней мѣрѣ на 10000 сиріусовыхъ разстояній.

Но въ такомъ случаѣ кто можетъ сосчитать число всѣхъ звездъ на небѣ? На основаніи выше изложенныхъ соображеній мы, очевидно, должны допустить, что число звездъ по истинѣ безконечно велико и совершенно не поддается подсчету. Подобнымъ же образомъ, мы должны считать мировое пространство безконечнымъ по всѣмъ направленіямъ и должны предположить, что оно всюду, то безконечности, наполнено небесными тѣлами.

Но съ другой стороны, если бы число звездъ на небѣ было дѣйствительно безконечно велико, то, какое бы направленіе ни имѣлъ лучъ нашего зрѣнія, онъ непременно встрѣтилъ бы какую-нибудь звезду, и вследствие этого все небо, во всѣхъ своихъ частяхъ, должно было бы казаться намъ такимъ же яркимъ, какъ солнце. Но такъ какъ это противорѣчитъ нашимъ наблюденіямъ то предположеніе, что число звездъ безконечно велико по видимому, не можетъ быть допущено.

Однако, изъ ежедневнаго опыта мы знаемъ, что яркость источника свѣта уменьшается пропорціонально не первой степени, а квадрату разстоянія, отдѣляющаго его отъ насъ. Такимъ образомъ, если бы какая-нибудь звезда находилась отъ насъ въ 10 разъ дальше, чѣмъ она находится въ дѣйствительности, то она была бы въ 100 разъ слабѣе, чѣмъ теперь; точно также, если бы ея разстояніе отъ насъ увеличилось въ 10 000 разъ она сдѣлалась бы въ 100 милліоновъ разъ слабѣе. Но яркость звездъ уменьшается не только въ зависимости отъ разстоянія, но также еще вследствие другой причины. Опытъ намъ показываетъ, что видъ во всей природѣ не встрѣчается совершенно пустого пространства. Поэтому невѣроятно, чтобы были совершенно пусты и не были наполнены никакой матеріей: 1) огромное пространство, раздѣляющее наши планеты другъ отъ друга, и 2) пространство еще большихъ размѣровъ, раздѣляющее звѣздныя системы нашего млечнаго пути, а также различныя млечныя пути одинъ отъ другого. Каковы бы ни были этотъ эфиръ, какъ бы велика ни была его разреженность и прозрачность, во всякомъ случаѣ онъ долженъ ослабить свѣтъ, идущій къ намъ отъ звездъ и вследствие этого отъ весьма далекихъ звездъ свѣтъ, въ концѣ концовъ, можетъ совсѣмъ не дойти до насъ или, по крайней мѣрѣ, долженъ произвести совершенно незамѣтное впечатлѣніе на наши глаза. Положимъ, что изъ 800 лучей, которые посылаетъ намъ звезда, удаленная отъ насъ на 31 билліонъ километровъ (единица длины, употребляемая при измѣреніи разстояній въ звездѣ, § 175), вследствие сопротивленія эфиръ герметенъ только одинъ лучъ. При такомъ предположеніи, принимая яркость звезды въ этомъ случаѣ за единицу, мы при помощи простыхъ вычисленій находимъ, что, если бы звезда отстояла отъ насъ въ 84 раза дальше, ея яркость составляла бы лишь  $\frac{1}{10}$  первоначальной яркости, и, следовательно, звезда потеряла бы  $\frac{9}{10}$  яркости. Подобнымъ же образомъ, при увеличеніи разстоянія отъ земли до звезды въ 554, 5500 и 10 000 разъ, ея яркость уменьшилась бы соответственно въ 2, 1000 и 300 000 разъ. Но принимая во вниманіе, кромѣ того, уменьшеніе яркости, зависящее исключительно отъ увеличенія разстоянія, мы находимъ, что яркость звезды, находящейся отъ насъ на разстояніи 10000 единицъ длины, введенныхъ въ разсмотрѣніе въ § 175, должна быть въ 30 билліоновъ разъ меньше, чѣмъ яркость звезды, удаленной отъ насъ на разстояніе, равное одной такой единицѣ длины. Поэтому требуется весьма большое число очень близкихъ другъ къ другу звездъ, чтобы звѣздное скопленіе, находящееся на такомъ далекомъ отъ насъ разстояніи, могло представиться намъ, даже въ самую темную ночь, въ видѣ блѣднаго туманнаго пятна.



Принимая во внимание только что изложенныя соображенія, мы должны согласиться, что выше упомянутое возраженіе не препятствуетъ болѣе признать число звѣздъ въ дѣйствительности безконечно большимъ, а мировое пространство безграничнымъ по всемъ направлениямъ.

§ 183 **Собственныя движенія звѣздъ.** Уже въ древнія времена выдающиеся астрономы опредѣляли положенія звѣздъ относительно нѣкоторыхъ, извѣстныхъ образомъ выбранныхъ точекъ и круговъ на небѣ, отчасти съ цѣлю составленія полныхъ и точныхъ звѣздныхъ каталоговъ, которые дали бы возможность будущимъ астрономамъ легче замѣтить новыя появившіяся или же исчезнувшія звѣзды, отчасти съ цѣлю получения опорныхъ точекъ при изученіи движеній планетъ и кометъ. Впрочемъ весьма возможно, что ими руководило смутное предчувствіе, что все эти безчисленныя неподвижныя звѣзды въ дѣйствительности не остаются совершенно неподвижными; а въ такомъ случаѣ, знаніе этихъ движеній послужило бы къ прекрасному обогащенію астрономіи. И дѣйствительно, еще Гиппархъ, сравнивъ свой большой звѣздный каталогъ съ древними каталогами Тимохариса и Ариетилля, объяснилъ предваренномъ равноденствіемъ (часть I, § 50) измѣненія въ положеніи звѣздъ, замѣченныя еще китонами, индусами и египтянами. Каталогъ Птолемея вноситъ дѣйстви- тельно возможность показать, что не все звѣзды сохраняютъ неизмѣннымъ свое положеніе на небѣ, но что есть такія звѣзды, которыя, подобно планетамъ и кометамъ, замѣтнымъ образомъ перемѣщаются относительно остальныхъ. Какъ бы ни былъ неточенъ каталогъ Птолемея въ сравненіи съ повѣрными наблюденіями, тѣмъ не менѣе Галлею для нѣкоторыхъ яркихъ звѣздъ обнаружилъ такое значительное различіе между положеніями, съ одной стороны взятыми изъ каталога Птолемея, съ другой стороны выведенными изъ наблюденій Фламстида, что онъ по необходимости приписалъ ихъ дѣйствительнымъ измѣненіямъ въ положеніяхъ звѣздъ. Такимъ образомъ Галлею болѣе не сомнѣвался въ томъ, что нѣкоторыя звѣзды обладаютъ собственнымъ движеніемъ, и Кассини П. Лемонье и въ особенности Тобіасъ Майеръ, побуждаемые открытіемъ Галлея, предприняли точныя наблюденія нѣкоторыхъ звѣздъ, съ цѣлю подробнѣе научить ихъ движенія. Эти изслѣдованія съ тѣмъ поръ продолжались самымъ ревностнымъ образомъ, и мы въ настоящее время, благодаря многочисленнымъ точнымъ каталогамъ повѣримаго времени, знаемъ съ большою или меньшею точностью собственныя движенія болѣе, чѣмъ для 1000 звѣздъ. Эти собственныя движенія вообще весьма малы. Медлеръ самымъ точнымъ образомъ изслѣдовалъ въ этомъ отношеніи все звѣзды каталога, составленнаго Бродеемъ, и при этомъ нашелъ, что для звѣздъ различной яркости годичное собственное движеніе въ среднемъ составляетъ:

для 65 звѣздъ 1-ой и 2-ой величины . . . . .	0,222"
» 154 » 3-ой » . . . . .	0,168
» 312 » 4-ой » . . . . .	0,137
» 690 » 5-ой » . . . . .	0,111
» 994 » 6-ой » . . . . .	0,090
» 912 » 7-ой » . . . . .	0,086

Такимъ образомъ очевидно, что средняя величина собственного движенія уменьшается съ уменьшеніемъ яркости звѣздъ, впрочемъ, это заключеніе справедливо лишь вообще, и его такимъ образомъ нельзя примѣнять къ отдѣльнымъ частнымъ случаямъ, какъ это съ достаточной очевидностью вытекаетъ изъ нижеслѣдующей таблички, въ которой приводятся наиболѣе значительныя изъ извѣстныхъ до сихъ поръ собственныхъ движеній. Въ этой табличкѣ положенія звѣздъ даны для 1900 года; величина собственного движенія соответствуетъ годичному промежутку времени и представляетъ движеніе по дугѣ большаго круга мѣръ, опредѣляющей направленіе движенія, отсчитываемая отъ сѣвера черезъ востокъ и югъ, для слабыхъ звѣздъ число послѣ, имѣни обозначаетъ номеръ.

звѣзды въ соответственномъ каталогѣ, въ которомъ впервые встрѣчается ея точное положенiе.

Звѣзда.	Величина.	Правое восх.	Склоненiе.	Год. собств. дв.	Направленiе.
Грумбриджъ 1830 . . .	6,9	11 <sup>h</sup> 47,2 <sup>m</sup>	+38° 26'	7,04	145 1
Лакайль 9352 . . . . .	7,5	22 59,4	—36 26	6,95	79,2
Гульдъ 32416 . . . . .	8,5	23 59,5	—37 51	6,07	112,6
61 Лебедя . . . . .	5,7	21 2,4	+38 15	5,20	51,5
Лалаидъ 21185 . . . . .	7,3	10 57,9	+36 38	4,76	187,1
в Индiйца . . . . .	5,2	21 55,7	—57 22	4,61	122,7
Лалаидъ 21258 . . . . .	8,7	11 0,5	+44 2	4,41	282,3
40 0 <sup>г</sup> Эридана . . . . .	4,6	4 10,7	— 7 49	4,05	212,0
и Кассиопеи . . . . .	5,7	1 1,6	+54 26	3,74	114,9
Арг. В. 11702 . . . . .	9,2	15 4,7	—15 59	3,69	195,5
Арг. В. 11703 . . . . .	9,0	15 4,7	—15 54	3,68	195,4
и Центавра . . . . .	1	14 32,8	—60 25	3,61	283,6
Лакайль 8760 . . . . .	7,3	21 11,4	—39 15	3,53	249,5
Лакайль 1060 . . . . .	4,4	3 15,9	—43 27	3,12	75,5
Арг. Осельцевъ 11677 . . . . .	9,0	11 14,8	—66 23	3,03	273,9

Кромѣ только что названныхъ звездъ мы знаемъ еще около 12 съ годичнымъ собственнымъ движениемъ отъ 2" до 3" и около 60 съ собственнымъ движениемъ отъ 1" до 2", следовательно, въ общемъ мы знаемъ около 90 звездъ, которыя въ теченiе года мѣняютъ свое положенiе болѣе чѣмъ на одну секунду. Въ это число, кромѣ упомянутой уже въ предыдущей табличкѣ  $\alpha$  Центавра, входятъ еще только три весьма яркия звезды, а именно Арктуръ, Сиріусъ и Прокционъ съ годичными собственными движенiями соответственно въ 2,27", 1,31" и 1,25".

\* На рис. 226 графически изображены, согласно съ изслѣдованiями Фламмаріона, собственные движенiя въ некоторыхъ звездъ, какъ по величинѣ, такъ и по направленiю, за 10 000 лѣтъ. При этомъ замѣчательно, что для трехъ звездъ обладающихъ весьма большимъ собственнымъ движениемъ и между прочимъ помѣщенныхъ въ предыдущей табличкѣ, а именно для звездъ Грумбриджъ 1830 Лалаидъ 21185 и Лалаидъ 21258, линiи, изображающiя ихъ собственныя движенiя, при своемъ продолженiи извѣтъ, сходятся въ одной и той-же части неба, и изъ своихъ первоначальныхъ положенiи, представляемыхъ на рис. 226 въ видѣ кружечковъ, всѣ три звезды изшли, повидимому, съ одну и ту-же эпоху.



Рис. 226.

Впрочемъ необходимо замѣтить, что мы видимъ только проекцію действительнаго движенія на небесную сферу, т.-е. составляющую этого движенія по направленію, перпендикулярному къ лучу зрѣнія, между тѣмъ какъ другую составляющую по направленію этого луча зрѣнія мы вовсе не замѣчаемъ. Поэтому, нѣкоторыя звѣзды съ весьма незначительнымъ видимымъ движеніемъ, каковы, напр. Спика, Антаресъ, Ригель и др., въ действительности могутъ обладать весьма значительнымъ движеніемъ въ пространствѣ, если только онѣ движутся или прямо на насъ, или прямо отъ насъ. Для опредѣленія движенія по направленію луча зрѣнія въ послѣднее время астрономы стали пользоваться спектро-скопомъ.

На основаніи принципа Доплера (§ 19) темныя спектральныя линіи при приближеніи къ намъ свѣтящагося предмета должны смѣщаться къ фиолетовому концу спектра, а при удаленіи отъ насъ — къ красному. Какъ бы малы ни были эти смѣщенія, все же они могутъ быть замѣчены и измѣрены при помощи нашихъ весьма чувствительныхъ, сильно разбѣивающихъ спектроскоповъ. Поэтому, не была лишена основанія надежда опредѣлить по смѣщенію спектральныхъ линій движеніе звѣздъ по направленію луча зрѣнія, хотя все же астрономы сознавали, что эти изслѣдованія принадлежать къ числу самыхъ трудныхъ и самыхъ деликатныхъ вследствие малости тѣхъ величинъ, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь. Первые наблюденія, продолжившія путь въ этомъ направленіи, были сдѣланы Гутнигсомъ въ 1868 г., и на основаніи этихъ наблюденій онъ заключилъ, что Сиріусъ удаляется отъ насъ со скоростью 41 километра въ секунду. Послеъ этого подобныя изслѣдованія производились различными астрономами и на различныхъ обсерваторіяхъ и между прочимъ на тринвичской обсерваторіи. Но наиболѣе точные результаты получилъ проф. Фотель, который, благодаря



Спектръ Ригеля  
1 ис. 227

усовершенствованію способовъ наблюденія и благодаря фотографированію спектровъ, опредѣлялъ движеніе по лучу зрѣнія съ точностью до нѣсколькихъ километровъ. Ниже мы даемъ результаты его наблюденій только для такихъ звѣздъ, движенія которыхъ имъ были опредѣлены съ вполне удовлетворительною точностью. Въ таблицѣ указано число километровъ

проходимыхъ каждою звѣздой въ секунду. Для сравненія напомнимъ читателямъ, что наша земля при своемъ движеніи вокругъ солнца въ среднемъ проходитъ 30 километровъ въ секунду. \* Наконецъ замѣтимъ еще, что на рис. 227 изображенъ спектръ Ригеля, удаляющагося отъ насъ со скоростью 16 километровъ въ секунду; поэтому, для него спектральныя линіи (бѣлый промежутокъ на рисункѣ) смѣщена относительно своего нормальнаго положенія (тонкая черная линія) къ красному концу. \*

а) Звѣзды, приближающіяся къ нашей солнечной системѣ.

Звѣзда.	Кл.	Звѣзда.	Кл.	Звѣзда.	Кл.
α Кассіопея . . . . .	16	Проціонъ . . . . .	9	ζ Большой Медв. . . . .	31
Полярная . . . . .	26	Регуль . . . . .	9	η » » . . . . .	26
γ Андромеды . . . . .	13	γ Льва . . . . .	39	Арктуръ . . . . .	7
α Овна . . . . .	15	δ Большой Медв. . . . .	30	ε Волопаса . . . . .	16
α Персея . . . . .	10	α » » . . . . .	12	β Геркулеса . . . . .	36
β Возничаго . . . . .	28	δ Льва . . . . .	14	Вега . . . . .	16
γ Близнецовъ . . . . .	16	β » . . . . .	12	α Водолея . . . . .	37
Сиріусъ . . . . .	16	γ Большой Медв. . . . .	27	γ Лебедя . . . . .	7
Касторъ . . . . .	30	ε » » . . . . .	30	Денебъ . . . . .	8
		Спика . . . . .	15		

б) Звѣзды, удаляющіяся отъ нашей солнечной системы.

Звѣзда	Кл.	Звѣзда	Кл.	Звѣзда	Кл.
β Андромеды . . . . .	11	γ Ориона . . . . .	9	ρ Малой Медв. . . . .	14
Альдебаранъ . . . . .	48	β Тельца . . . . .	8	Гемма . . . . .	32
Капелла . . . . .	25	ε Ориона . . . . .	27	α Офиука . . . . .	19
Ригель . . . . .	16	ζ „ . . . . .	15	ε Персея . . . . .	8
		Ветейгейзе . . . . .	17		

Но гораздо болѣе значительнымъ движеніемъ, чѣмъ все вышеприведенныя звѣзды, обладаетъ ζ Геркулеса. Эта звѣзда приближается къ намъ по опредѣленію Биллоульскаго со скоростью 70 километровъ въ секунду, а по опредѣленію Деландра — со скоростью 62 километровъ въ секунду. Но все же эта скорость не очень значительно превосходитъ скорость орбитальнаго движенія ближайшей къ солнцу планеты, Меркурия (47,5 километровъ). Поэтому, движенія въ междузвѣздномъ пространствѣ вообще, повидимому, носятъ такой-же характеръ какъ и движенія въ нашей солнечной системѣ.

Теперь можно предположить себѣ такой вопросъ: не являются ли движенія причиной выше упомянутыхъ (§ 174) пѣковыхъ измѣненій яркости пѣкоторыхъ звѣздъ? По изслѣдованіямъ Аудеманса, этого не можетъ быть, такъ какъ оказывается, что также ближайшия къ намъ звѣзды, обладающія наиболѣе значительнымъ движеніемъ, отъ этой причины въ теченіе нѣсколькихъ тысячелѣтій могутъ измѣнить свою яркость только на 0,1 звѣздной величины.

По каковыя законы совершаются движенія звѣздъ въ пространствѣ? Образуютъ ли онѣ нѣсколько отдѣльных системъ, или только одну большую систему?



Рис. 2-8.

Существуетъ ли центральное тѣло съ огромной массой, которое извѣстнымъ образомъ управляетъ движеніями звѣздъ, какъ наше солнце управляетъ движеніями планетъ и кометъ, или такого тѣла вовсе нѣтъ? — на эти и имъ подобныя вопросы въ настоящее время мы не можемъ дать сколько-нибудь удовлетворительнаго отвѣта.

Послѣ изслѣдованія Гершеля относительно строенія нашего млечнаго пути (§ 180), среди астрономовъ была весьма распространена мысль, что всѣ безчисленныя окружающія насъ звѣзды образуютъ одну большую систему, отдѣльные члены которой описываютъ замкнутыя орбиты около общаго центра тяжести. Этого мнѣнія самого краснорѣчиваго выразителя нашелъ въ Медлерѣ, который, послѣ продолжительныхъ и обширныхъ изслѣдованій этого предмета, пришелъ къ заключенію, что П. звезда (§ 185) представляетъ динамическій центръ вселенной, и что самая яркая звѣзда этой группы — Альциона или γ, Тельца, является центральнымъ солнцемъ всего міра. Это мнѣніе благодаря своей величественности, вначалѣ имѣла много приверженцевъ, но не говоря уже о томъ, что о собственныхъ движеніяхъ звѣздъ мы имѣемъ слишкомъ скудныя свѣдѣнія, чтобы отсюда выводить столь широкія заключенія, мы на основаніи нѣкоторыхъ явленій скорѣе должны признать, что наше звѣздное небо не представляетъ одной большой системы, а состоитъ изъ нѣкотораго числа менѣе значительныхъ частныхъ системъ, о взаимной связи между которыми пока мы не имѣемъ ни малѣйшаго представленія. Такъ, нѣкоторыя группы звѣздъ, разбросанныя огромными разстояніями, обнаруживаютъ такое

составе въ шарѣ или гдѣ собственно движеніи, что совершенно нельзя сомнѣваться въ ихъ тѣсной взаимной связи. На наиболее замѣчательномъ примѣрѣ этого рода обратимъ вниманіе еще Меллеръ. Въ семь главныхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы (рис. 228) пять звѣздъ, а именно:  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  со своимъ спутникомъ Алькоромъ обладаютъ настолько одинаковыми собственными движеніями, что, безъ сомнѣнія, составляютъ одну общую группу, между тѣмъ какъ звѣзды  $\alpha$  и  $\eta$  въ этомъ отношеніи стоятъ совершенно особо. Замѣчательно, что, съ изслѣдованіемъ Гутвина, эти двѣ звѣзды даютъ спектры, гдѣ различныя отъ спектровъ остальныхъ звѣздъ того-же созвѣдія. Такое же общее движеніе находимъ мы у  $\delta$ ,  $\zeta$  и  $\eta$  Малой Пса, у  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  Инды, у  $\delta$  Гукана,  $\epsilon$  Фриды,  $\zeta$  и  $\eta$  Слѣдствіемъ къ этой же категоріи должны быть отнесены вышеупомянутыя звѣзды Аркты В. 11702 и 11703, годичное собственное движеніе которыхъ составляетъ 3,70.

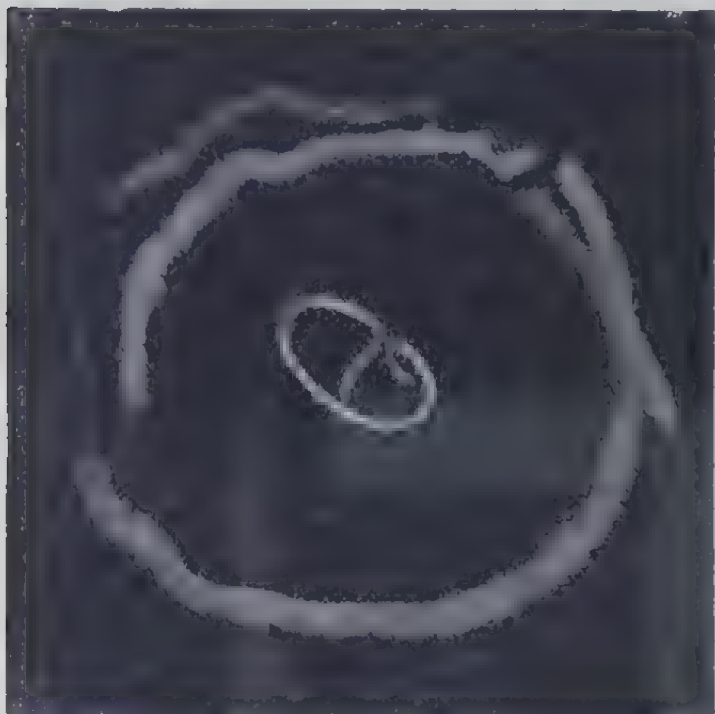


Рис. 229.

Ихъ звѣзды въ теченіе тысячелѣтій звѣздное небо мало-по-малу должно совершенно измѣнить свое лицо, такъ какъ звѣзды, входящія въ составъ известнаго созвѣдія, съ теченіемъ времени стали принимать совершенно иное распредѣленіе, чѣмъ то, которое мы имѣемъ теперь. На и мѣненіе видѣ неба ночь движеніемъ собственныхъ движеній, какъ теперь указать, такъ было мы знаемъ Фламмаріонъ. На рис. 230 мы раскрываемъ согласно съ его изслѣдованіемъ, Бонни и Мельшица а) въ томъ видѣ, какой она имѣла 50000 лѣтъ тому назадъ, б) въ томъ видѣ, въ которомъ мы ее наблюдаемъ теперь, и в) въ томъ видѣ, какой она приметъ 50000 лѣтъ спустя.

§ 181 Движеніе нашего солнца въ пространствѣ. Солнце, какъ это впоследствии было установлено болѣе подробно, благодаря притяженію, которое оно оказываетъ на планеты, является причиной движенія звѣздъ по тѣмъ или инымъ дугамъ равнопротивоположно своему собственному движенію, съ своею очередь привлекая къ себѣ солнце и вълѣдствіе этого совершаетъ также своему движенію въ пространствѣ. Какъ планета ночь движеніемъ притяженія своимъ солнцемъ обвиваетъ вокругъ него орбиты, такъ точно и центръ

Здѣсь мы стоимъ, очевидно, на порогѣ важнѣйшихъ открытій относительно строенія населенной. Первые попытки разгадать это строеніе были сдѣланы болѣе столѣтію тому назадъ Миселемъ и В. Гершелемъ. Въ повѣншее время эти изслѣдованія развились дальше Прокторъ, Саффордъ, Стоуе и др. \* Прокторъ между прочимъ предположилъ себѣ, что Млечный путь имѣетъ спиральное строеніе (рис. 229). \* Не удаваясь въ подробности относительно этого предмета, упомянемъ только, что вълѣдствіе значительнаго различія въ движеніяхъ сосѣд-

солнца подъ вліаніемъ притяженія планеты движется по эллиптической кривой. Только окружность эллипса, описываемаго солнцемъ, во столько разъ меньше окружности эллипса, описываемаго планетой, во сколько разъ масса этой послѣдней меньше массы солнца, поэтому, такъ какъ масса солнца необыкновенно велика въ сравненіи съ массами планетъ, то эллипсъ, описываемый солнцемъ, долженъ быть весьма малымъ сравнительно съ эллипсомъ, описываемымъ планетой. Но въ виду того, что на солнце дѣйствуютъ всѣ планеты сразу, орбита, описываемая центромъ солнца, должна быть въ дѣйствительности весьма сложной кривой. Къ счастью, мы не нуждаемся въ болѣе близкомъ знакомствѣ съ этой кривой, такъ какъ мы наблюдаемъ не абсолютныя движенія планетъ и кометъ въ пространствѣ, а ихъ относительныя движенія по отношенію къ солнцу.

Но солнце, кромѣ только что указаннаго движенія и кромѣ вращенія вокругъ своей оси, которое обнаруживается непосредственно изъ наблюденій (§ 17), должно обладать еще третьимъ, поступательнымъ движеніемъ въ пространствѣ. Въ самомъ дѣлѣ, наблюдаемое нами вращеніе солнца вокругъ оси могъ вызвать только первоначальный толчокъ, который солнце получило при своемъ образованіи или непосредственно, или подѣ дѣйствіемъ какого-нибудь вліянія гала. Кромѣ того, солнце есть не что иное какъ одна изъ безчисленныхъ звездъ, а эти послѣднія, какъ мы видѣли въ предыдущемъ параграфѣ, также обладаютъ собственными движеніями. На этомъ основаніи еще Лапласъ высказалъ предположеніе, что солнце кромѣ вращенія около оси должно имѣть еще поступательное движеніе въ пространствѣ, которое, конечно, должно быть общимъ для всѣхъ гала

а.

б.

с.



Рис. 230.

нашей солнечной системы, и которое, поэтому можетъ быть обнаружено лишь благодаря движеніямъ, наблюдаемымъ въ этой системѣ. Вѣдѣть это, было вполнѣ естественно заняться изслѣдованіемъ, не могутъ ли быть объяснены собственныя движенія звездъ, по крайней мѣрѣ отчасти, поступательнымъ движеніемъ нашей солнечной системы. Въ этомъ случаѣ, тѣ звезды, по направленію къ которымъ движется солнце, должны удалиться другъ отъ друга, а тѣ, которыя при движеніи солнца остаются позади, должны сближаться, и, кромѣ того, наиболѣе значительныя измѣненія въ положеніяхъ должны наблюдаться у такихъ звездъ, которыя отстоятъ на 90° отъ направленія движенія солнца. Относящіяся сюда изслѣдованія впервые были предприняты В. Гершелемъ. Преве и Ключелемъ. Гершель нашелъ, что точка, по направленію къ которой движется наше солнце, опредѣляется слѣдующими координатами  $\alpha = 257^\circ$  и  $\delta = -27^\circ$  ( $\alpha$  — прямое восхожденіе,  $\delta$  — склоненіе). Преве и Ключель пришли къ подобному же результату, несмотря на то, что послѣдній изъ нихъ пользовался совершенно другимъ способомъ.

Несмотря на хорошее согласіе, все же нельзя принимать этому результату слишкомъ большой точности, такъ какъ всѣ эти вычисленія были основаны на весьма ограниченномъ числѣ звездъ, и потому движенія, присутствія самимъ звездамъ, могли оказать весьма значительное вліяніе на направленіе движенія солнца. Поэтому, послѣ этихъ первыхъ попытокъ съ расширеніемъ нашихъ свѣдѣній о собственныхъ движеніяхъ звездъ, неоднократно повторялись въ высшей степени интересныя и важныя изслѣдованія о направленіи движенія нашего солнца, причемъ эти изслѣдованія постоянно основывались все на большемъ и большемъ числѣ звездъ, и, кромѣ того, различныя ученые дѣлали раз-

личные предположения относительно зависимости собственных движений звѣздъ отъ движения солнца и различными образомъ группировали звѣзды. то по ихъ яркости, то по величинѣ ихъ собственныхъ движений, то по ихъ положенію относительно млечнаго пути, то, наконецъ, по ихъ принадлежности къ тому или другому спектральному типу. При этомъ оказалось, что для координатъ точки, по направленію къ которой движется наше солнце, получаются, какъ видно изъ нижеприведенной таблицы, весьма различные значенія въ зависимости отъ исходной точки зрѣнія. Въ этой таблицѣ сопоставлены важнѣйшія изъ многочисленныхъ повѣрныхъ опредѣленій направленія движения нашей солнечной системы, буквами  $\alpha$  и  $\delta$  въ ней обозначены прямое восхождение и склоненіе той точки, по направленію къ которой движется наше солнце; даѣе, въ гдѣхъ случаяхъ, когда въ результатъ своихъ изслѣдованій авторы, напр., Дункинъ, Плуумеръ и др., получили нѣсколько значеній для вышеупомянутыхъ координатъ, въ таблицѣ приведено только одно значеніе, именно то, которое самъ вычислитель считалъ наиболее вѣрными.

Положеніе точки, по направленію къ которой движется наше солнце

Исследователь.	$\alpha$	$\delta$	Число звѣздъ	Исследователь.	$\alpha$	$\delta$	Число звѣздъ.	Исследователь.	$\alpha$	$\delta$	Число звѣздъ.
Артелитеръ	259,9°	+32,5'	390	Медлеръ	261,6	+39,9'	2163	Л. Струве	273,3°	+27,3'	2509
Дундль	252,5	-14,4	147	Эйри	261,5	+24,7	113	Стумпе	285	+39	1054
О. Струве	261,5	+37,6	392	Дункинъ	263,7	+25,1	1167	Портеръ	281,2	+40,7	1310
Уэлльс	262,4	+26,6	464	Л. де-Базаль	269,0	23,2	67	Рыттеншартъ	281	+39	154
Плуумеръ	276,1	+26,5	274	Ранкенъ	284,6	+31,9	106	Кобольдъ	266,5	3,1	1427
Боссъ	287	+47	—	Бишофъ	285,2	+48,5	480				

Наконецъ, Кемпфъ опредѣлялъ положеніе точки, по направленію къ которой движется наше солнце, по собственнымъ движеніямъ, выведеннымъ проф. Фогелемъ изъ его спектроскопическихъ наблюденій для 51 звѣзды (§ 183), и получилъ для  $\alpha$  и  $\delta$  по два значенія, а именно  $\alpha = 206^\circ$ ,  $\delta = +46'$  или  $\alpha = 160^\circ$ ,  $\delta = +50'$ , въ зависимости отъ того принять ли во вниманіе при вычисленіи все упомянутыя звѣзды, или только нѣкоторая изъ нихъ, особеннымъ образомъ выбранная. Большая разница между полученными такимъ образомъ результатами нагляднымъ образомъ показываетъ, какое значительное вліяніе имѣеть, при небольшомъ числѣ звѣздъ, та или иная ихъ группировка.

## Г Л А В А XVI.

### Д в о й н ы я з в ѣ з д ы .

§ 185. **Области, богатая звѣздами.** Даже невооруженнымъ глазомъ можно замѣтить, что нѣкоторыя части неба несравненно обильнѣе другихъ млечныя звѣздами. Такъ, въ правѣрь, важная часть красиваго созвѣздія Ориона, созвѣздіе Ляры, область около  $\zeta$  и  $\xi$  Голуба и т. д. очень богаты звѣздами, другія же созвѣздія, и пр., созвѣздіе Рыси, созвѣздіе Жирафа и проч., содержатъ лишь небольшое число да и то слабыхъ звѣздъ. Сюда же слѣдуетъ отнести совершенно пустыя звѣзды части неба южной созвѣздія Скорпиона, въ созвѣздіи Лилицы и, наконецъ, гдѣхъ называемой Угольни Мышью въ Южномъ Крестѣ.

Было также много случаевъ двойнаго скопленія звѣздъ, г-е. такія мѣста, гдѣ въ небольшомъ пространствѣ сосредоточено очень много довольно яркихъ звѣздъ. Напримеръ, въ Плеядахъ изъ нихъ Гельца, которая известна также подъ именемъ Плеядки, въ пространствѣ лишь одного квадратнаго градуса заключаются: одна звѣзда первой величины (Альциона), двѣ звѣзды отъ четвертой до пятой величины (Электра и Атосъ), три шестой (Меропе, Мниа и Ганимедъ), двѣ шестой (Шлейбона и Целево), нѣсколько звѣздъ седьмой и отъ восьмой до восьмой величины (напримѣръ Астеропе) и около многаго дамы звѣздъ восьмой. На рис. 231 это звездная группа изображена по фото-

графин, снятой братьями Аири в Парижѣ. Хорошій глазъ легко различаетъ въ этой группѣ шесть первыхъ звездъ, болѣе зоркій видитъ еще Плейону и Целено, а очень зоркій и еще нѣсколько мелкихъ звездъ. Э. Вейсъ знаетъ молодыхъ людей, которые могли различать въ Плейадахъ отъ 14 до 16 звездъ. Недалеко отъ Плейадъ находится Гиады (рис. 232), также одна изъ самыхъ богатыхъ звездныхъ группъ.

Извѣстная Ясли въ созвѣздіи Рака ( $AR = 128^{\circ}45'$ ,  $D = +20^{\circ}4'$ ) \*) содержатъ на пространствѣ  $\frac{1}{2}$  квадратнаго градуса, не говоря уже о мелкихъ звездахъ, около 40 такихъ, которыя можно различить даже въ слабую трубу.

Трудно допустить, чтобы такое скопленіе звездъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ неба представляло собою лишь видимое явленіе, зависящее исключительно отъ положенія нашего глаза. Сравнивая извѣстное изъ наблюдений число звездъ до 10-ой величины, съ сотней звездъ, входящихъ въ составъ Плейадъ, мы, основываясь на теоріи вѣроятностей, заключаемъ, что можно поставить миллионъ противъ одного за то, что такое скопленіе звездъ въ небольшомъ пространствѣ не есть дѣло простаго случая, какъ на это впервые обратилъ вниманіе Михель въ 1767 г.

§ 186. Раздѣленіе двойныхъ звездъ на классы, яркость составляющихъ въ двойныхъ звездахъ, число и распредѣленіе двойныхъ звездъ. Сказанное справедливо и по отношенію къ такимъ звездамъ, которыя перѣдко встрѣчаются на небѣ парами и которыя отстоятъ другъ отъ друга на очень маломъ разстояніи. Такія звезды называются двойными. Замѣчательнымъ примѣромъ двойной звезды можетъ служить средняя звезда третьей величины въ хвостѣ Большой Медвѣдницы, носящая названіе Мицаръ или  $\zeta$  Ursae majoris. Зоркій глазъ видитъ очень близко отъ Мицара звездочку 7-ой величины ( $\eta$  Большой Медвѣдницы): эта звездочка называется Алькоромъ или Набздникомъ, и ея разстояніе отъ Мицара составляетъ приблизительно  $11'$ . Уже въ небольшую трубу видно, что Мицаръ самъ представляетъ двойную звезду, причемъ одна составляетъ третью величины, а другая — пятой, и взаимное разстояніе между ними равно  $14''$  (рис. 233).



Рис. 231.



Рис. 232.

\*) Буквы  $AR$  обозначаютъ прямое восхожденіе, буква  $D$  — склоненіе.



Двойственность этой звезды открыл Риккатиоли в 1650 г., и это, вообще, было первое открытие двойной звезды; в 1700 г. ее находит также Готфрид Кирхъ. Къ тому же линии, соединяющей Мицаръ и Алкоръ, находится звездочка 8-ой величины, которую впервые замѣтилъ швейцарскій астрономъ Липпартъ в 1691 году при помощи же сильного телескопа можно видѣть вблизи Мицара еще нѣсколько мелкихъ звездъ.

Число разстоянй между составляющими двойной звезды равно лишь нѣсколькимъ секундамъ дуги, а иногда даже нѣкоторой дробной части секунды. В. Гершель, который первый началъ заниматься подробнымъ изслѣдованемъ двойныхъ звездъ, взаимное разстояние между составляющими положилъ въ основаніе своей классификаціи двойныхъ звездъ. Къ первому классу онъ отнесъ тѣмъ звезды, для которыхъ разстояние между составляющими менше 4" до второго онъ причислять звезды съ разстояніемъ отъ 4 до 8", къ третьему — съ разстояніемъ отъ 8 до 16", и, наконецъ, къ четвертому — съ разстояніемъ отъ 16" до 32".



Рис. 233.

Положеніе двойныхъ звездъ на небесной сферѣ определяется такъ же, какъ и положеніе сферъ остальныхъ звездъ — именно въ звѣздныхъ каталогахъ дается прямо восхождение и склоненіе болѣе яркой составляющей. Но къ этимъ даннымъ необходимо еще прибавить взаимное разстояние  $\Delta$  между составляющими и уголъ положенія  $\Pi$ , т. е. уголъ, заключающійся между линіей, соединяющей обѣ составляющія и крутомъ склоненіи, проходящимъ черезъ болѣе яркую звезду. Этотъ уголъ считается отъ сѣвера черезъ востокъ, и гдѣ  $\Delta$  и  $\Pi$  — то нужно указать время, которому соответствуютъ величины  $\Delta$  и  $\Pi$ , потому что для болѣе значительныхъ двойныхъ звездъ разстояние и уголъ положенія не суть величины постоянныя, но непрерывно мѣняются съ теченіемъ времени.

Очень часто одна изъ составляющихъ двойной звезды бываетъ гораздо ярче другой, — напримеръ, въ одной изъ системъ въ виду состоятъ какъ будто одна изъ нихъ 2-ой величины, а другая 2-ой. Но въ действѣ такъ не дѣлается, — составляющія облачаютъ почти одинаковую яркость. Къ этому ряду системъ звездъ между прочимъ относятся  $\gamma$  Орна (болѣе

звезды 5-ой величины), Касторъ (одна звезда 3-ей величины, другая 4-ой),  $\gamma$  Львы (обе приблизительно 3-ей величины),  $\xi$  Большой Медведицы (4-ой и 5-ой величины),  $\gamma$  Льва (2-ой и 4-ой величины),  $\alpha$  Центавра (1-ой и 3-ей величины) и т. д. (см. рис. 233).

Наз. исследованн В. Струве можно заключить, что число простых звезд лишь в три, а может быть даже только в два раза больше числа двойныхъ. Однако здѣсь надо замѣтить, что это вѣрно только относительно более яркихъ звездъ, и что имѣетъ съ тѣмъ число двойныхъ звездъ сильно убываетъ съ уменьшенемъ ихъ яркости. Впрочемъ, это явление можетъ быть лишь кажущимся, и его достаточно хорошо можно объяснить тѣмъ, что въ двойныхъ звездахъ одна изъ составляющихъ обыкновенно бываетъ гораздо слабѣе другой; поэтому, если болѣе яркая изъ нихъ сама уже достаточно слаба, то менѣе яркая не вызываетъ въ нашемъ глазу никакого ощущенія.

Наконецъ, замѣчательно, что громадное число двойныхъ звездъ относится къ 1-му классу Гершеля. Но если бы двойныя звезды представляли собою лишь оптическія пары, т. е. если бы ихъ двойственность обуславливалась только влиянемъ перспективы, то мы чаще всего встрѣчали бы звезды 4-го класса и рѣже всего 1-го класса. Действительно площади круговъ, радиусы которыхъ соответственно равны 1, 8, 16 и 32 секундамъ, относятся между собою какъ числа 1, 4, 16 и 64, и, следовательно, если бы двойныя звезды представляли собою лишь оптическия пары, то числа звездъ, принадлежащихъ къ четверть-классамъ, относились бы какъ 1, 3, 12 и 48; такъ что изъ 64 оптически двойныхъ звездъ лишь одна принадлежала бы къ 1-му классу, 3 ко второму, 12 къ третьему и 48—къ четвертому. Еще В. Струве знаетъ около 1450 двойныхъ звездъ, принадлежащихъ къ четвертому классу, такъ что если бы все эти звезды представляли собою лишь оптическия пары, то звездъ 3-ьяго класса было бы 362, второго 91 и первого лишь 30. Однако, наблюдения показали, что ко второму и третьему классу принадлежатъ къ каждому по 1310 звездъ, а къ первому 1930. Столь явное различіе указываетъ на то, что двойныя звезды 1-го класса принадлежатъ почти исключительно къ великимъ двойнымъ звездамъ или представляютъ собою физическія пары, то же самое относится и ко многимъ звезднымъ парамъ второго и третьяго класъ. Физическая связь звездъ состоитъ изъ пары, становится тѣмъ болѣе вѣроятной, если обе составляющія относятся къ яркимъ звездамъ и очень близко стоятъ одна отъ другой, подобныя примѣры представляютъ между прочимъ Касторъ, для котораго расстояние равняется 5", и  $\gamma$  Льва, для котораго расстояние едва достигаетъ 3".

Что касается распрежденія двойныхъ звездъ на небѣ, то, вообще, тѣ мѣста, которыя содержатъ весьма мало простыхъ звездъ, напримѣръ, созвѣздія Гонимыхъ Пески, Дракона и особенно области, лежащія вблизи полюсовъ млечнаго пути, бѣдны также и двойными звездами. По мѣрѣ же приближенія къ млечному пути число звездъ какъ простыхъ, такъ и двойныхъ быстро возрастаетъ. Впрочемъ, вромѣ млечнаго пути существуютъ на небѣ еще отдѣльныя мѣста, весьма богатые двойными звездами. Таковы, напр., созвѣздія Овна, Лебедя, Мухи, Близнецовъ и въ особенности Ориона.

Нѣрѣдко можно видѣть въ полѣ яркая группа сразу двѣ двойныя звезды. Это имѣетъ мѣсто, напримѣръ, въ тѣхъ случаяхъ, когда зрительная труба направлена на  $\epsilon$  Лиры (рис. 233),  $\gamma$  Лебедя въ Скорпиона, на точку  $AR = 246^{\circ} 52'$ ,  $D = -19^{\circ} 29'$  въ созвѣздіи Геркулеса, на точку  $AR = 166^{\circ} 20'$ ,  $D = +66^{\circ} 37'$  въ Большой Медведицѣ и т. д.

Случается также, хотя и рѣдко, что въ полѣ зрѣнья трубы выходятъ сразу три двойныхъ звезды, какъ напримѣръ, около  $\eta$  Лиры, около точки  $AR = 324^{\circ} 38'$ ,  $D = -0^{\circ} 13'$  въ Володеѣ, около точки  $AR = 293^{\circ} 10'$ ,  $D = -10^{\circ} 33'$  въ Автинеѣ, около точки  $AR = 16^{\circ} 9'$ ,  $D = +50^{\circ} 32'$  въ Кассіопеѣ.

§ 187 **Тройныя и вообще кратныя звезды.** Иногда можно видѣть три звезды обыкновенно близко другъ отъ друга. Таковы, напримѣръ,  $\xi$  Рака (рис. 233),  $\delta$  Персея,

$\lambda$  Лебедя,  $\gamma$  Гельцы ( $AR = 520^{\circ} 8'$ ,  $D = -240^{\circ} 8'$ ),  $\mu$  Рыси ( $AR = 990^{\circ} 21'$ ,  $D = -590^{\circ} 33'$ ). Нередко случается, что главная звезда простая, а спутникъ ей представляетъ, въ свою очередь, очень тѣсную пару. Таковы, между прочимъ,  $\gamma$  Андромеды (рис. 233),  $\phi$  Кассиопеи,  $\mu$  Геркулеса,  $\Theta^2$  Эридана ( $AR = 620^{\circ} 40'$ ;  $D = -70^{\circ} 46'$ ).

Встрѣчаются на небѣ и четверныя звѣзды, очень красной, хотя и трудной для наблюдения, представительницей такихъ звѣздъ является  $\beta$  Дельфина. При этомъ часто случается, что звѣздная система состоитъ собственно изъ трехъ звѣздъ, но она обращается въ четверную звѣзду, потому что въ однихъ случаяхъ ближайшій, напримеръ, у  $\xi$  Ориона или у звѣзды  $AR = 306^{\circ} 36'$ ,  $D = +100^{\circ} 55'$  въ созвѣздіи Дельфина, въ другихъ — болѣе далекій спутникъ, напримеръ, у звѣзды  $AR = 21^{\circ} 46'$ ,  $D = +350^{\circ} 20'$  въ созвѣздіи Андромеды, сами представляютъ весьма тѣсную двойную звѣзду.

Долгое время четверной звѣздой считалась  $\Theta$  Ориона, которая находится въ самой темной части известной туманности Ориона, и которая, вследствие особеннаго расположенія звѣздъ была названа «трапецией въ Орионѣ» (рис. 233). Въ 1825 году В. Струве открылъ въ этой трапеции пятую звѣзду, а нѣсколько позже (1832 г.) Дж. Гершель еще и шестую. Видѣть эти звѣздочки весьма трудно, и возможно, что обѣ онѣ переменныя (глава XVII). Въ повѣйшее время внутри трапеции неоднократно видѣны еще одну слабую звѣздочку, такъ что  $\Theta$  Ориона, можетъ-быть, представляетъ семикратную звѣзду. Впрочемъ, вообще нередко случалось, что какую-нибудь звѣзду сначала считали двойной или тройной, а нѣсколько времени спустя открывали еще одного или нѣсколькихъ спутниковъ. Такъ, вышеупомянутая звѣзда  $\epsilon$  Скорпиона была признана Х. Мейеромъ въ 1776 году за двойную; въ 1846 году Митчелъ открылъ, что спутникъ ея, въ свою очередь, представляетъ весьма тѣсную двойную звѣзду; наконецъ, въ 1874 г. Бернхемъ раздвоилъ также и главную звѣзду. То же самое было и съ  $\beta$  Дельфина. В. Гершель открылъ у нея лишь дальняго спутника и описалъ ее какъ двойную. Съ 1830 г., когда Дж. Гершель открылъ средняго спутника, она стала тройной, а въ 1873 г. Бернхемъ открылъ у главной звѣзды очень близкаго къ ней спутника, такъ что теперь мы считаемъ  $\beta$  Дельфина четверной звѣздой.

Не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности относительно кратныхъ звѣздъ, замѣтимъ только, что вблизи  $\alpha$  Зайца ( $AR = 830^{\circ} 43'$ ,  $D = -170^{\circ} 53'$ ) находится шестикратная или, вѣрнѣе, восьмикратная звѣзда, такъ какъ, согласно съ наблюденіями Бернхема, двѣ изъ ея составляющихъ, въ свою очередь, являются очень тѣсными двойными звѣздами также. В. Струве призналъ  $\sigma$  Ориона, которая находится непосредственно подъ болѣе южной изъ трехъ звѣздъ, известныхъ подъ именемъ «посоха Іакова», даже за шестнадцатикратную звѣзду.

§ 188. **Цвѣта двойныхъ звѣздъ** Мы остановимся еще на одной особенноти двойныхъ звѣздъ, которая слишкомъ бросается въ глаза, чтобы можно было о ней умолчать.

Простыя звѣзды сияютъ на небѣ обыкновенно бѣлымъ свѣтомъ, который иногда болѣе или менѣе приближается къ желтому, и лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ переходитъ въ красный. Годуныхъ же или зеленыхъ звѣздъ среди нихъ мы почти совсѣмъ не встрѣчаемъ. Иначе обстоитъ дѣло съ двойными звѣздами. Въ двойныхъ звѣздахъ болѣе яркая или главная составляющая обыкновенно бываетъ бѣлаго цвѣта, который, какъ и у простыхъ звѣздъ, переходитъ часто въ желтый, и лишь изрѣдка въ красный, тогда какъ звѣзда-спутница иногда бываетъ голубого или зеленого цвѣта. Иногда же, хотя и болѣе рѣдко, случается, что главная звѣзда окрашена въ бѣлый или желтый цвѣтъ, а другая въ красный, или же яркая звѣзда бываетъ оранжеваго цвѣта, а болѣе слабая зеленого цвѣта. Вообще, часто краски составляющихъ звѣздъ представляютъ столь красивое сочетание, что останавливаютъ на себѣ вниманіе даже поверхностнаго наблюдателя.

Доберкь исследовала около 270 двойных звезд, заключающихся из Менс, итг. и при этом оказалось, что в 192 случаях цвета главной звезды и ее спутника были одинаковы или, по крайней мере, весьма сходны. Эти пары относятся, главным образом, к более тесным двойным звездам и, так как в них, кроме того, обе составляющие по большей части обладают одной и той же яркостью, то одинаковая их окраска подтверждает замечание Струве, что цвета составляющих, вообще, тем более отличаются друг от друга, чем значительнее разница их звездных величин. В остальных 78 парах мы ни разу не встречаем главной звезды, окрашенной в зеленый и голубой цвета, но цвет ее всегда обуславливается менее преломляемыми лучами спектра, тогда как, наоборот, весьма часто встречаются спутники голубоватого цвета, и притом тем чаще, чем больше взаимное расстояние между составляющими. Ипресъ объясняет это субъективным впечатлением: именно, по его исследованиям, из двух находящихся очень близко друг от друга световых источников одинакового цвета, по различной интенсивности, более слабый, вследствие физиологических причин представляется окрашенным в цвет, обуславливаемый более преломляемыми лучами спектра, так что, например, если оба источника желтого цвета, то более слабый из них принимает голубой оттенок. Примером таких звезд служат  $\lambda$  Овна,  $\epsilon$  Персея,  $\beta$  Цефея,  $\delta$  Кассиопеи и т. д., у которых главная звезда белого цвета, а спутник голубого; точно также у  $\alpha$  Кита,  $\beta$  Лебеда,  $\sigma$  Цефея и др. главная звезда желтого цвета, а спутник опять голубого.

На подобном же принципе основаны попытки объяснить цвета двойных звезд действием контраста. Действительно, если к слабо освещенной белой пластинке поднести сильный окрашенный источник света, то она покажется нам окрашенной в цвет, дополнительный (§ 7) к цвету поднесенного источника света. Например, если к слабо освещенному кусочку белой бумаги мы приблизим красный источник света, то бумага покажется нам зеленой; точно также, в присутствии желтого или голубого света, она примет соответственно фиолетовый или оранжевый оттенок. Действием контраста объясняется также и появление на белой стене фиолетовых пятен, если мы быстро переведем наш глаз от солнца на стену.

Цельверт действительно показал, что цвет одной звезды сильно зависит от окраски близко от нее находящейся другой звезды. Для этого в полз арена изобретенного им фотометра помещалась близ белой естественной звезды другая искусственная, так что получалось впечатление двойной звезды, затем искусственной звезды придавались различные окраски, и в таком случае естественная замечательно резко принимала дополнительные цвета. Примеров такого сочетания красок довольно много. Так, напр., у  $\gamma$  Андромеды главная звезда красная, а спутник зеленый у 57 Большой Медведицы ( $AK = 11^{\circ} 23,7''$ ,  $D = + 49^{\circ} 53'$ ) главная — светло-желтая, а другая — фиолетовая; у  $\tau$  Короны и у  $\iota$  Рака одна звезда оранжевая, другая светло-голубая и т. д. По Никерингу, в таких звездных парах, где главная звезда красная или желтая, а ее спутник зеленый или голубой, происходит оптический обман, потому что в этих случаях главная звезда обладает спектром II класса, а спутник — спектром V класса.

Однако, есть недостаток и в таких парах, где сочетание красок нельзя объяснить действием контраста. Так, напр., у  $\gamma$  Короны главная звезда желтая, а более слабая — красная, то же самое наблюдаем мы и у  $\xi$  Волоса; напротив того, у  $\epsilon$  Волоса,  $\zeta$  Короны и  $\rho$  Геркулеса более яркая звезда светло-желтая, а более слабая зеленая, у  $\gamma$  Дельфина более яркая оранжевая, менее яркая зеленоватая, у  $\alpha$  Арго главная звезда также голубая, а спутник темно-красный и т. д. Во многих случаях можно убедиться, какой характер имеют цветные оттенки, субъективный или объективный; для этого нужно главную звезду покрыть толстою нитью, натянутой в фокус зрительной трубы,

и поспотрѣвъ, сохраняетъ ли при этомъ свой первоначальный цвѣтъ другая звѣзда, которая, такимъ образомъ, одна только и видна въ трубу. Въ действительности цвѣтъ спутника часто при этомъ сохраняется, чѣмъ и доказывается, что онъ присущъ этому спутнику. Впрочемъ, здѣсь надо замѣтить, что цвѣтовые отбѣлки, вообще, до такой степени слабы и слабы, что ихъ можно замѣтить только очень чувствительными глазами; поэтому понятно, что различные наблюдатели очень неодинаково опредѣляютъ цвѣта двойныхъ звѣздъ. Такъ, оба Гершеля я, оцѣнивши цвѣта звѣздъ, всегда считали ихъ, въ противоположность астрономамъ, наблюдавшимъ рефракторами, болѣе приближающимися къ желтому и красному отбѣлкамъ. Это объясняется, съ одной стороны, тѣмъ, что политура металлическаго зеркала Гершеллева телескопа содержала, какъ извѣстно, очень много мѣди которая обладаетъ свойствомъ отражать красные и желтые лучи гораздо лучше, чѣмъ голубые или зеленые, съ другой стороны, тѣмъ, что въ старинныхъ ахроматическихъ трубахъ часто употреблялся кроицласъ зеленоватого цвѣта, при прохожденіи черезъ который желтые и красные лучи, наоборотъ, ослабляются.

§ 189. Движеніе двойныхъ звѣздъ Выше (§ 183) уже было упомянуто, что каждая неподвижная звѣзда, кромѣ общихъ всѣмъ звѣздамъ движеній, зависящихъ отъ прецессии, нутаціи и aberrации, обладаетъ еще собственнымъ движеніемъ, причинами котораго служатъ отчасти движеніе нашей солнечной системы, отчасти то обстоятельство, что съ ми звѣзды мѣняютъ свое положеніе въ пространствѣ.

Такия собственные движенія наблюдаются, конечно, и у двойныхъ звѣздъ. Если обѣ составляющія обладаютъ однимъ и тѣмъ же собственнымъ движеніемъ, то болѣе нельзя сомнѣваться, что эти двѣ звѣзды составляютъ особую физическую систему, а не кажутся намъ близкими, лишь въслѣдствіе вліянія перспективы. Однимъ изъ самыхъ замѣтныхъ примѣровъ такихъ паръ является уже нѣсколько разъ упоминавшаяся двойная звѣзда  $\beta$  Лисы. Эта пара находится на небѣ между двумя болѣе яркими звѣздами  $\epsilon$  и  $\tau$  того же созвѣздія почти посрединѣ между ними, и опредѣляется слѣдующими координатами:  $AR = 315^{\circ}37'$ ,  $D = + 38^{\circ}15'$ .

Если же, напротивъ, составляющія двойной звѣзды не обладаютъ одинаковымъ собственнымъ движеніемъ, и если, напримѣръ, у болѣе яркой звѣзды наблюдается значительное собственное движеніе, въ которомъ болѣе слабая не принимаетъ участія, то это служитъ также вѣрнымъ признакомъ того, что эти двѣ звѣзды лишь случайно находятся для насъ приблизительно на одномъ и томъ же лучѣ зрѣнія, и, что онѣ, слѣдовательно, составляютъ оптическую пару. Въ этомъ случаѣ примѣромъ можетъ служить  $\alpha$  Андромеды. Въ 1781 году В. Гершель открылъ у нея слабого спутника 11-ой величины, находившагося тогда на разстояніи  $59''$  отъ нея, позднѣйшія наблюденія показали, что  $\alpha$  Андромеды ежегодно удаляется отъ этого спутника на величину своего годовичнаго собственного движенія (0.13), такъ что теперь разстояніе между ними равно  $72''$ . То же самое имѣетъ мѣсто и относительно двойной звѣзды въ созвѣздіи Рыбъ ( $AR = 129^{\circ}39'$ ,  $D = + 42^{\circ}3'$ ), у которой одна составляющая 8-ой, а другая 9-ой величины. Согласно съ наблюденіями В. Струве, разстояніе между ними въ 1828 году было 4,9, а въ 1884 году оно составило уже 44, такъ какъ болѣе яркая составляющая, обладающая годовичнымъ собственнымъ движеніемъ равнымъ 0.67, прошла мимо менѣе яркой и теперь постоянно удаляется отъ нея. Наименьшее разстояніе между ними должно было быть въ 1822 г. и тогда оно равнялось приблизительно 1.9". Съ этого времени эти двѣ звѣзды стали расходиться, и впредь разстояніе между ними будетъ все болѣе и болѣе возрастать, такъ что эта пара, мало-по-малу, потеряетъ особенность, характеризующую двойныя звѣзды. Очень интересна въ этомъ отношеніи звѣзда третьей величины  $\delta$  Овна ( $AR = 41^{\circ}1'$ ,  $D = + 26^{\circ}41'$ ), которая вмѣстѣ съ тремя другими звѣздами 11-ой, 10-ой и 9-ой величины, находящимися отъ нея на разстояніяхъ 19, 36" и 127", составляетъ оптическую

систему четверной звезды. Но иногда в действительности двойная звезда вместе с одной или несколькими находящимися по близости звездочками составляет оптическую систему тройной или, вообще, кратной звезды. Какъ примѣръ этого можно привести красивую двойную звезду в созвездии Девы ( $AR = 181^{\circ}5$ ,  $D = 11^{\circ}19'$ ), въ этой парѣ главная желтая звезда сопровождается спутникомъ пурпуроваго цвѣта, находящимся отъ нея на разстояніи  $12''$ , между тѣмъ какъ еще одна маленькая звездочка желтаго цвѣта, которую открылъ В. Струве, со времени ея открытія приблизилась къ этой парѣ на  $19''$ , такъ что ея разстояніе уменьшилось съ  $58''$  до  $39''$ . Точно также очень тѣсная двойная звезда в Милато Коня имѣетъ, на разстояніи  $38''$  отъ нея, оптическаго спутника 10-ой величины, дажде, красивая двойная звезда в Сѣверной Коронѣ съ двумя звездочками, которыя отстоятъ отъ нея на разстояніяхъ  $16''$  и  $54''$ , и отъ которыхъ она быстро удаляется, составляетъ четверную звезду и т. д. Особенный интересъ въ этомъ отношеніи представляетъ и Пегаса, такъ какъ она составляетъ физическую систему со звездочкой, находящейся къ юго-востоку отъ нея на разстояніи  $345''$ , а съ другою звездочкой отъ 11-ой до 12-ой величины, несмотря на близкое разстояніе, равное всего  $11''$ , связаная лишь оптически.

Если гонимственность собственныхъ движеній составляющихъ двойной звезды уже ясно говорить въ пользу того, что между ними существуетъ физическая связь, то другое движеніе, которое замѣчено уже у большаго числа двойныхъ звездъ, обращаетъ это предположеніе въ достовѣрность именно во многихъ звѣздныхъ парахъ наблюдается движеніе одной звезды вокругъ другой. Спутникъ описываетъ вокругъ центральной звезды эллиптическую орбиту, совершенно такъ же, какъ планеты около солнца или спутники около своихъ планетъ.

Именно, если мы въ системѣ двойной звезды въ различныя эпохи произведемъ нѣсколько наблюденій разстоянія  $\Delta$  и угла положенія  $\Pi$ , то мы замѣтимъ, что эти величины правильнымъ образомъ мѣняются, и что при этомъ особенно быстро мѣняется уголъ положенія извѣстно болѣе десяти случаевъ, гдѣ со времени открытія двойной звезды спутникъ совершилъ уже болѣе одного оборота вокругъ главной звезды. Если при этомъ плоскость орбиты составляетъ такой незначительный уголъ съ лучемъ нашего зрѣнія, что эти орбиты представляются намъ въ видѣ прямой линіи, то намъ кажется, что спутникъ движется по прямой, проходящей черезъ главную звезду, и что по временамъ или спутникъ покрываетъ центральную звезду, или самъ покрывается ею, смотря потому, проходитъ ли онъ, по отношенію къ намъ передъ главной звездой или сзади нея. Такими двойными звездами:  $\epsilon$  Волопаса,  $\gamma$  Сѣверной Коронѣ,  $\zeta$  Геркулеса,  $\xi$  Скорпіона,  $\gamma$  Девы и др. Вѣроятіе такого положенія орбиты часто случается, что звезда, которая первоначально была двойной или тройной, черезъ нѣкоторое время кажется намъ соответственно простой или двойной: точно также и наоборотъ, звезда, которая первоначально была простой, съ теченіемъ времени можетъ обратиться въ тройную. Напримеръ, Гершель въ 1782 году наблюдалъ  $\zeta$  Геркулеса какъ очень тѣсную двойную звезду, но въ 1795 году, несмотря на всѣ свои усилія, онъ не могъ отыскать спутника и такимъ образомъ онъ въ этомъ случаѣ, негати сказать, впервые наблюдалъ двойную звезду. Только въ 1826 году, когда спутникъ вышелъ изъ сѣня главной звезды, Струве снова могъ его замѣтить. Точно также звезду  $\xi$  Скорпіона Гершель наблюдалъ въ 1782 году какъ тройную, съ 1858 до 1863 г. ближайшій спутникъ остается невидимымъ, между тѣмъ какъ теперь раздѣленіе этой звезды снова не представляетъ особеннаго затрудненія. Точно также въ системѣ двойной звезды 25 Ионичахъ Пегасъ ( $AR = 203^{\circ}15$ ,  $D = 56^{\circ}48'$ ) разстояніе спутника отъ главной звезды, начиная съ 1827 года, когда оно было равно  $1''$ , все уменьшалось, и съ 1856 до 1876 г., въ продолженіе двадцати лѣтъ, эта звезда имѣла видъ простой. Теперь опять обѣ звезды расходятся, хотя и очень медленно. То же самое произошло и съ красивой двойной звездой  $\gamma$  Девы въ этой парѣ разстояніе между со-

стальными в 1836 году сдѣлалось такъ мало, что можно было ожидать покрытия; однако, съ тѣхъ поръ разстояніе стало увеличиваться, и теперь оно такъ значительно, что обѣ звѣзды можно различить даже въ слабую зрительную трубу.

Въ некоторыхъ звѣздныхъ парахъ уже нѣсколько разъ наблюдалось покрытие. Такъ, у Северной Короны съ 1833 г. до 1838 г. имѣла видъ простой звѣзды, и то же самое явление наблюдалось опять въ 1875 г. Въ системѣ звѣзды  $\alpha$  Велосъ Вереники постоянное покрытие происходитъ каждыя одиннадцать лѣтъ. Точно такъ звѣзду  $\delta$  Млечнаго Кова, которая и вообще представляетъ очень трудный объектъ для наблюдений, нельзя было различить на двѣ составляющія въ 1854, 1865, 1874 и т. д. годахъ.

§ 190. **Опредѣленіе орбитъ двойныхъ звѣздъ.** Какъ только у некоторыхъ двойныхъ звѣздъ было открыто орбитальное движеніе, сейчасъ же явилось желаніе узнать природу и свойства этого движенія. Если исходить изъ предположенія, что законъ Ньютона притяженія имѣетъ силу и въ этихъ отдаленныхъ мирахъ, въ чемъ едва ли можно сомнѣваться, то необходимо допустить, что спутникъ описываетъ эллипсъ вокругъ главной звѣзды, какъ планета вокругъ солнца, или, точнѣе, что обѣ звѣзды вихутся по эллиптическимъ орбитамъ около общаго центра тяжести системы. Поэтому для полнаго опредѣленія орбиты двойной звѣзды нужно знать, вообще, тѣ же самые элементы, какъ и для орбиты планетъ нашей солнечной системы (часть I, § 82). Разница заключается только въ томъ, что въ данномъ случаѣ время обращенія въ большую полуось нужно считать за величину, независимая другъ отъ друга, такъ какъ намъ неизвѣстны массы составляющихъ системы (часть I, § 78). Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ является однимъ неизвѣстнымъ больше, но за то есть и преимущество, заключающееся въ томъ, что вслѣдствіе большаго разстоянія, отдѣляющаго звѣзды отъ земли, измѣненіе положенія этой послѣдней не вліяетъ на видимое движеніе двойной звѣзды. Съ другой стороны, въ случаѣ двойной звѣзды дѣло усложняется оттого, что мы видимъ не истинную орбиту, описываемую спутникомъ, а лишь ея проекцію на небесную сферу, и, зная эту проекцію, мы должны найти истинную орбиту. Вслѣдствіе этого задача становится настолько трудной, что, безъ употребленія математическихъ формулъ, рѣшительно нельзя дать понятія о способахъ ея рѣшенія. Поэтому мы ограничимся перечисленіемъ тѣхъ элементовъ, которые въ данномъ случаѣ должны быть опредѣлены изъ наблюдений. Эти элементы суть: 1) большая ось эллипса, т. е. число секундъ, заключающихся въ уголъ между направленіями на оба конца оси, если бы она была перпендикулярна къ лучу зрѣнія; 2) эксцентриситетъ этого эллипса; 3) наклонность, т. е. уголъ между плоскостью орбиты спутника и плоскостью, касающеюся небесной сферы въ той точкѣ, гдѣ находится двойная звѣзда; 4) долгота узла, или уголъ между кругомъ склоненія главной звѣзды и пересѣченіемъ плоскости орбиты съ упомянутою касательной плоскостью; 5) долгота периастрона, или уголъ между большою осью орбиты и линіей узловъ; 6) время прохожденія звѣзднаго спутника черезъ периастронъ. Если возможно, то слѣдуетъ еще опредѣлить разстояніе отъ звѣзды до земли, а также массы составляющихъ.

Впервые опредѣлили орбиту двойной звѣзды Савари, который опубликовалъ свои способы въ 1830 году и тотчасъ же съ полнымъ успѣхомъ примѣнилъ его къ опредѣленію орбиты замѣчательной двойной звѣзды  $\xi$  Большой Медвѣдницы. Послѣ Савари Анке въ 1832 г. предложилъ другое рѣшеніе того же вопроса и примѣнилъ свои весьма изысканныя формулы къ звѣздѣ  $\gamma$  Офіуха. И въ томъ, и другомъ способѣ въ основу вычисленій кладется лишь необходимое для данной цѣли число разстояній  $\Delta$  и угловъ положенія  $\Pi$ , выведенныхъ изъ наблюдений. Дж. Гершель предложилъ другой, весьма остроумный приемъ для опредѣленія орбитъ двойныхъ звѣздъ, въ основу своихъ вычисленій или, лучше сказать, въ основу своего графическаго способа, онъ положилъ всѣ наблюденныя углы положенія  $\Pi$ , а разстоянія  $\Delta$ , какъ не заслуживающія довѣрія, совершенно от-

бросилъ. Впослѣдствіи были даны прекрасныя рѣшенія этой задачи Клинкерфюсомъ, Тиле, Зеедигеромъ, Глазенапомъ, М. Ковальскимъ, Си и др.

Орбиты тѣхъ двойныхъ звѣздъ, время обращенія которыхъ не превосходитъ одного или нѣсколькихъ столѣтій, обладаютъ, если оставить въ сторонѣ совершенно исключительные случаи, очень незначительными размѣрами. Поэтому достаточно уже весьма незначительныхъ ошибокъ наблюдений, чтобы сильно исказить орбиту; а такъ какъ, кромѣ того, большая часть такихъ орбитъ обладаетъ значительнымъ эксцентриситетомъ, то въ виду всего этого опредѣленіе элементовъ этихъ звѣздъ оказывается мало удовлетворительнымъ, и это относится особенно къ времени обращенія, которое можно опредѣлять съ сколько-нибудь достаточною точностью только въ томъ случаѣ, если спутникъ совершилъ большую часть своего оборота. Поэтому, въ нижеслѣдующей таблицѣ, помѣщенной на стр. 620, мы приводимъ приблизительно только третью часть всѣхъ опредѣленныхъ до сихъ поръ орбитъ двойныхъ звѣздъ, причемъ мы выбрали лишь такія звѣзды, элементы которыхъ настолько точно извѣстны, что они не могутъ подвергнуться значительнымъ измѣненіямъ. Въ этой таблицѣ во второмъ столбцѣ даны названія звѣздъ, а для нѣкоторыхъ болѣе слабыхъ звѣздъ указаны: 1) каталогъ, въ которомъ впервые были опубликованы измѣренія звѣзды, и 2) порядковый номеръ звѣзды въ этомъ каталогѣ; при этомъ  $\Sigma$  означаетъ каталогъ В. Струве,  $\text{O}\Sigma$  — каталогъ О. Струве и  $\beta$  каталогъ Бернхема. Въ 5-омъ столбцѣ приведены величины составляющихъ, 12-ый содержитъ время оборота, выраженное въ годахъ; въ 3-мъ и 4-мъ дано положеніе главной звѣзды на небѣ для 1900 г. Наконецъ 13-ый показываетъ уменьшается ли (—), или увеличивается (+) уголъ положенія при движеніи спутника. Остальные столбцы не требуютъ никакихъ дальнѣйшихъ объясненій.

\* На рис. 234 изображены видимыя орбиты нѣкоторыхъ интересныхъ двойныхъ звѣздъ.\*

Въ теченіе послѣднихъ лѣтъ, число хорошо опредѣленныхъ орбитъ двойныхъ звѣздъ сильно увеличилось, потому что многія изъ открытыхъ въ большомъ числѣ Бернхемомъ весьма тѣсныхъ двойныхъ звѣздъ обладаютъ столь короткимъ периодомъ обращенія, что со времени ихъ открытія прошли уже значительную часть своего эллиптического пути. Къ такимъ звѣздамъ, между прочимъ, принадлежатъ:  $\zeta$  Стрѣльца,  $\beta$  612 ( $AR=13^s 35,0^m$ ,  $D = + 11^{\circ} 16'$ ),  $\beta$  416 ( $AR=17^s 21,1^m$ ,  $D = - 34^{\circ} 53'$ ),  $\tau$  Лебеди, для которыхъ предварительныя вычисленія дали времена обращенія соответственно въ 18, 30, 34,5 и 36,5 лѣтъ.

§ 191. **Подробности относительно нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ.** Въ нижеслѣдующихъ замѣчаніяхъ мы удержимъ нумерацію приведенной на стр. 620 таблицы.  
1.  $\alpha$  Пегаса. Собственно тройная звѣзда. Болѣе отдаленный спутникъ, на разстояніи  $12''$ , былъ открытъ еще В. Гершелемъ, а въ 1880 году Бернхемъ показалъ, что главная звѣзда сама двойная.

2.  $\delta$  Мараго Коня. Время обращенія этой звѣзды долго считалось самымъ короткимъ, пока, наконецъ, первое мѣсто въ этомъ отношеніи не заняла  $\alpha$  Пегаса. Орбита этой звѣзды лежитъ въ плоскости, почти совпадающей съ лучемъ нашего зрѣнія, влѣдствие чего уголъ положенія мѣняется сразу на  $180^{\circ}$ . Кромѣ того, даже во время наибольшей элонгации спутникъ находится отъ главной звѣзды всего на разстояніи около  $0,5''$ : по-

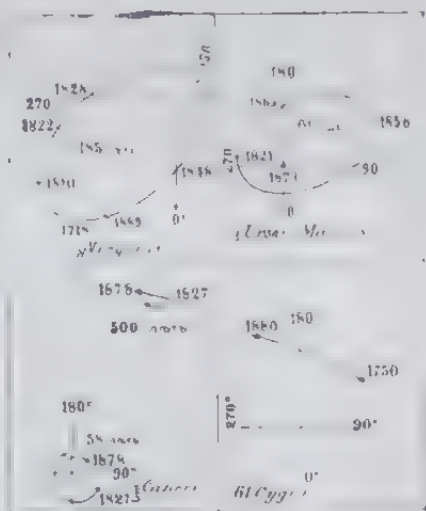


Рис. 234.



этому различить эту звезду, двойственность которой открыл О. Струве 19-го августа 1852 года можно лишь в самые сильные инструменты.

3.  $\rho$  883 (ответственно тронная звезда. Очень слабый, более отдаленный спутник)

№	И з м е н е н и е .	Пр. вост.	Склон.	Вел. звиз.	Проходж. через перистр.	Долгота узла.	Расстояние узла от перистр.	Наклонность.	Время образования.	Вид выис- ления.	№
1	Гамма	211 40' 13"	+ 35°	11'	1897 03	116°	89°	12'	0 49	Сп	1
2	Малое Ково.	21 9 0	+ 9	37	1897 80	22 12	0	0	0 42	Сп	2
3	883	4 13 6	+ 10	55	1860 42	69 42	155	0	0 48	Глазень	3
4	85 Пелас	23 5 5 9	- 26	33	1881 21	307 19	69	44	0 80	Глазень	4
5	20 Персея	2 47 4	+ 37	56	1884 96	133 2	268	42	0 478	Глазень	5
6	9 Ари	7 47 1	- 13	38	1892 30	95 30	75	17	0 655	Сп	6
7	3 Дельфина	20 53 2	+ 1	27	1882 38	154 21	344	11	0 384	Глазень	7
8	42 Воль	13 5 2	+ 18	4	1885 63	11 0	93	11	0 657	Дубо	8
9	7 Геркулеса	16 37 5	+ 31	47	1861 78	44 6	251	47	1 315	Доберк.	9
10	2 3121	9 11 9	+ 29	2	1876 52	24 50	129	27	0 673	Цезаря	10
11	5 Цв. Коров.	15 19 1	+ 50	39	1892 35	25 43	218	22	0 892	Доберк.	11
12	4 Геркулеса	17 12 6	+ 27	47	18 0 11	62 7	181	6	1 369	Цезаря	12
13	221 Орфуса	17 25 3	- 0	59	1803 00	153 42	322	12	1 143	Сп	13
14	02 269	13 28 3	+ 33	25	1883 12	51 56	45	51	0 8	Го	14
15	Сиртис.	6 40 7	+ 16	35	1893 61	37 31	33	56	0 629	Ауверь	15
16	90, Геркулеса.	18 3 2	+ 30	33	1885 58	50 5	110	14	1 12	Го	16
17	02 208	10 32 4	+ 40	9	1882 86	2 8	21	54	0 884	Цезаря	17
18	7 Раа.	8 6 5	+ 17	58	1868 12	80 11	109	14	0 89	Желитерь	18
19	5 Больш. Медв.	11 12 4	+ 32	7	1875 22	100 48	126	20	2 508	Сп	19
20	1 Центавра.	12 36 0	- 48	25	1840 81	177 57	46	49	1 50	Го	20
21	02 265	11 41 7	+ 42	48	1885 3	54 18	180	0	0 387	Берихель	21
22	1 Центавра	14 32 7	- 60	25	1870 72	25 6	52	1	0 529	Робертс	22
23	70р Орфуса	18 0 4	- 2	32	1896 47	121 19	168	18	4 0	Шарр.	23
24	7 Больш. Медв.	9 45 3	+ 54	33	1885 37	165 42	19	0	0 294	Глазень	24
25	1 Цв. Корова.	15 38 5	+ 26	36	1843 37	111 0	239	0	0 75	Доберк.	25
26	2 3052	0 10 0	+ 57	53	1836 26	47 9	90	54	1 371	Сп	26
27	1 Аквилона	15 58 9	- 11	5	1862 32	10 27	162	37	1 369	Шарр.	27
28	6 Лява.	9 23 1	+ 9	30	1812 10	146 42	124	13	0 882	Сп	28
29	37 Пеласа	22 24 9	+ 3	55	1885 51	120 10	154	33	0 64	Го	29
30	25 Ловч. Псовь	13 33 0	+ 36	48	1893 04	42 22	245	0	0 81	Доберк.	30
31	2 2525	19 22 5	+ 27	7	1887 12	78 19	4	19	0 75	Го	31
32	1 Аквилона	12 36 6	+ 0	58	1855 53	50 24	270	0	3 989	Сп	32
33	7 Кассиопы	0 42 9	+ 57	17	1908 0	47 6	214	10	8 45	Левель	33
34	7 Орфуса	17 57 6	- 8	11	1821 91	65 26	41	24	1 193	Доберк.	34
35	12 Водяная	15 20 7	+ 37	43	1865 30	163 48	329	45	1 268	Сп	35

находится на расстоянии  $18''$  от главной пары, эта звезда была открыта Берхемом в 1879 г.; в 1891 г. раздвоить ее было невозможно.

4.  $\delta 5$  Пегаса. Эта звезда обладает значительным точечным собственным движением, равным 1.29. Параллакс ее, по изысканиям Брюниова, составляет 0.05. С этим значением параллакса находим, что большая полуось орбиты равна 16 средним расстояниям от земля до солнца, а масса системы в 13.4 раз больше массы солнца.

5.  $\gamma 20$  Персея. Больше отделившийся спутник, на расстоянии  $14''$  был открыт еще В. Гершелем в 1783 г., а Берхему в 1878 г. удалось еще раздвоить главную звезду.

6.  $\gamma 9$  Арио. Эта звезда уже совершила полный оборот. Ее двойственность была открыта Берхемом 11 марта 1873 года. Такие самые замечания могут быть отнесены и к следующей звезде, именно к  $\beta$  Дельфина.

8.  $\delta 42x$  Волосы Вероники. Эта звезда открыта В. Струве в 1827 году и особенно замечательна тем, что ее трижды каждая 12 лет составляют взаимно покрывающие друг друга (1834, 1845, 1860, 1871 и т. д.) орбита спутника почти совпадает с лучем зрения, так что почти голубыми звезда приблизительно равны  $\approx 11''$ , или 1910.

9.  $\zeta$  Геркулеса. При открытии этой звезды в 1772 г. В. Гершель нашел, что угол положения был равен  $69^\circ$ , а расстояние — приблизительно одной секунды. В 1795 году она казалась ему лишь проделкой, а в 1802 она совершенно отчетливо представлялась в виде простой звезды. Это наблюдение важно с исторической точки зрения, так как в этом случае впервые наблюдалось покрытие одной несомненной звезды другой. Гершель по этому случаю замечает: «мои наблюдения этой звезды обнаружили совершенно новое явление в астрономии, именно покрытие одной несомненной звезды другой. Это явление во всяком случае весьма замечательно, обусловливается ли оно параллаксом, или собственным движением, или, наконец, движением по орбите плоскость которой почти совпадает с лучем зрения, идущим к этой звезде». В высшей степени интересны также и дальнейшие наблюдения этой звезды Дж. Гершель и Соутъ (South) с 1821 до 1825 года не выявили никаких следов спутника; это тем более удивительно, что вычисления, основанные на позднейших наблюдениях, показали, что расстояние между составляющими в то время должно было быть не меньше  $1''$ . В 1826 году В. Струве в Дорчестере видел спутника, но осенью 1828 года он снова исчез. Именное его наблюдалось также осенью 1829 г. и летом 1831 г. В 1832 г. Струве снова наблюдает эту двойную звезду и определяет расстояние между составляющими в  $0.8''$ . В 1833 году нельзя было заметить никаких следов двойственности, а в мае 1834 г. опять можно было проводить наблюдения. Может-быть, спутник есть звезда переменная.

11.  $\eta$  Северной Короны. Дж. Гершель, сравнивая свои наблюдения (1823 г.) с наблюдениями своего отца (1781 г.), замечает, что в этой системе спутник уже совершил полный оборот. Таким образом, на этой звезде впервые удалось валидно проследить, что в системах двойных звезд спутник описывает около центральной звезды замкнутую кривую. Взаимное расстояние между составляющими в этой паре настолько мало (оно оценивается обыкновенно лишь долями секунды), что точное определение элементов орбиты представляется значительным затруднением.

12.  $\mu$  Геркулеса. Эта звезда собственно представляет очень интересную систему трех тел. Вокруг главной белой звезды от 3-й до 4-й величины, на расстоянии  $31''$ , движется голубой спутник, который со времени Гершеля лишь незначительно изменил свое положение относительно главной звезды, как этого и можно было ожидать, ввиду громадного расстояния между составляющими. В 1857 г. Довесъ открыл, что спутник сам представляет очень тусклую двойную звезду, и в этой паре одна звезда

такъ быстро движется вокругъ другой, что со времени открытія совершила уже болѣе двухъ третей полнаго оборота.

13 221 Офюха. Эта звезда, открытая В. Струве въ 1829 г., совершила приближительно уже полтора оборота. Благодаря малой наклонности плоскости орбиты къ лучу нашего зрѣнія, составляющія иногда такъ близко подходят другъ къ другу, что звезда кажется простои, какъ это было, напримеръ, въ 1836 и 1866 годахъ.

15 Сиріусъ. Къ этой звѣздѣ мы еще вернемся впоследствии, въ § 194.

18. § Рака (рис. 234). Эта звезда опять относится къ числу двойныхъ. Болѣе отдаленную составляющую наблюдалъ еще Менеръ въ 1756 г. Этотъ спутникъ представляетъ звезду 5.5 величины и находится на разстояніи 5" отъ главной звѣзды. Его угловое положеніе со времени открытія звезды измѣнилось всего лишь на 80°, между тѣмъ какъ болѣе близкая составляющая съ 1781 года, когда она была впервые замѣчена Гершелемъ, совершила почти два полныхъ оборота. Эта звезда особенно интересна тѣмъ, что Зелитеръ сдѣлалъ попытку опредѣлить массы соседствующихъ по возмущеніямъ, которыя оказывавъ другъ на друга три тѣла, входящія въ составъ системы. При современномъ состояніи математическаго анализа эта задача представляетъ весьма значительныя трудности. Въ результатѣ своихъ изслѣдованій Зелитеръ нашелъ, что масса болѣе отдаленнаго спутника въ 2,37 разъ больше суммы массъ главной звезды и ближайшаго къ ней спутника. Кроме того, Зелитеръ пришелъ еще къ другому очень интересному заключенію. Угловое положеніе отдаленнаго спутника представляетъ при своемъ измѣненіи такія особенности, которыя могутъ быть объяснены лишь при допущеніи, что этотъ спутникъ вращается около некотораго, еще не открытаго и следовательно, темнаго тѣла значительной массы, находящагося очень близко къ нему. Время обращения только-что упомянутаго спутника около этого темнаго тѣла по вычисленіямъ Зелитера, оказывается равнымъ 17.6 годамъ, большая полуось его орбиты равна еси 0,22", а эксцентриситетъ 0,11 (см. подобныя же изслѣдованія относительно Сиріуса и Прокіона, § 194).

19 § Большой Медвѣдницы (рис. 234). Къ этой звѣздѣ были впервые примѣнены, какъ мы выше сказали, способъ опредѣленія орбиты двойныхъ звездъ (§ 190) такъ какъ, съ одной стороны, со времени первыхъ измѣреній Гершеля въ 1781 г. спутникъ совершилъ уже болѣе двухъ полныхъ оборотовъ около главной звезды, а съ другой, измѣренія этой пары никогда не представляли значительныхъ затрудненій, т. е. элементы орбиты этой звезды можно считать извѣстными съ большою точностью чѣмъ для какой либо другой двойной звезды.

20. γ Центавра. Элементы орбиты γ Центавра еще достаточно точны, несмотря на то, что со времени ея открытія Д. Гершелемъ въ 1835 г. спутникъ совершилъ уже почти полный оборотъ.

21 ОΣ 285. Хотя спутникъ, со времени его открытія Медлеромъ въ 1843 году, прошелъ уже три четверти своего пути, однако элементы его орбиты еще весьма неточны, такъ какъ Горе въ томъ же наблюдательномъ матеріалѣ какъ и Берхемъ получили для времени оборота число 117, почти вдвое большее чѣмъ это число истинное, а имъ нѣтъ 119 лѣтъ. Въ 1881 г. этой звѣздѣ нельзя было раздѣлить.

22 α Центавра. Эта звезда была признана Дк Гершелемъ самой красивой изъ звездъ двойныхъ звездъ, и, кроме того несколько помѣраженно, она является самой ближайшею къ намъ звездой. Ея двойственность открыта еще въ 1709 г. Фрицемъ (Friedrich) изъ Чили, однако, точныя наблюденія и измѣренія начались лишь съ 1822 г., и съ тѣхъ поръ спутникъ совершилъ уже одинъ полный оборотъ. Съ тѣмъ же опредѣлить элементы спутника и получить для нихъ величины почти совершенно такія же, какъ и Робертсъ. Принимая тѣ или другіе элементы считая параллаксъ равнымъ 0,75" (§ 176), мы находимъ, что масса звездъ еси еси въ 2 разъ больше массы солнца, а большая полуось орбиты

спутника равна 23,6 средних расстояний от земли до солнца, т. е. равна приблизительно полусумме расстояний Урана и Нептуна от солнца.

23. 70  $\rho$  Офюха. Эта звезда, которую было бы правильнее называть просто 70 Офюха, так как буква  $\rho$  здесь поставлена по ошибке, доставила много хлопот вычислителям, потому что в отдельные ряды наблюдения вкрадывались, по видимому, некоторые постоянная ошибка, а также потому, что в движении этой звезды существуют возмущения, производимые третьими светилами системы. Открыл эту двойную звезду еще Гершель в 1779 г., но систематические наблюдения начались только с 1819 г. Параллакс ее по определению Крюгера равен  $0,16''$ , а по определению Шора  $0,29''$ . Принимая для параллакса в среднем круглое число  $0,2''$ , находим, что масса системы в 1,6 раз больше массы солнца, а большая полуось приблизительно такая же, как и у  $\alpha$  Центавра, а именно она равна 23,0 средних расстояний от земли до солнца.

25.  $\gamma$  Северной Короны. Эта система, состоящая из двух звезд 4 и 7 и 10-й величины, представляет собой очень трудный для наблюдения предмет. Главная звезда зеленоватая, спутник пурпурового цвета. Открыл эту пару В. Струве в 1826 году, когда расстояние между составляющими равнялось  $0,7''$ . Шесть лет спустя расстояние уменьшилось до  $0,4''$ , так что ни в один из тогдашних инструментов, кроме терлицкого рефрактора, нельзя было раздвинуть эту звезду. В 1855 и 1856 годах и сам Струве мог обнаружить, что и то с трудом, лишь продолговатую форму главной звезды, но в 1843 году Довес мог уже свободно различить обе звезды, причем спутник в это время находился с другой стороны от главной звезды, чем при первых наблюдениях Струве в 1826 г. После этого в 1873 году спутник опять появился на несколько лет. Положение орбиты относительно луча зрения почти такое же, как у  $\delta$  Малого Коя и  $42 \alpha$  Волосы Вероники.

26.  $\Sigma$  3062. Цифра составляющих этой интересной, открытой В. Гершелем 25 августа 1782 г. пары, желтые и оливково-зеленые. Эта система замечательна также своим сравнительно значительным собственным движением, которое равно приблизительно  $0,35''$  в год.

27.  $\xi$  Скорпиона. Эта звезда у Фламеस्टида обозначена как  $\alpha 1$  Висовь, а впоследствии часто, но совершенно неправильно называлась  $\xi$  Висовь. Она представляет собственно тройную звезду. Гретья составляющая 8-й величины находится на расстоянии  $7''$  от главной звезды, и замечательно, что для нее угол положения уменьшается в то время, как для более близкого спутника он увеличивается, так что этот спутник движется в противоположную сторону относительно более отдаленного спутника, и при этом он со времени первых измерений, произведенных Гершелем, совершил уже около одного полного оборота. На расстоянии 5 кв. юго-востоку от этой системы находится еще одна звездная пара, составляющая которой 7,4 и 8,1 величины находится на расстоянии 10 друг от друга. Можете-быть, эта пара принадлежит также к системе  $\xi$  Скорпиона.

28.  $\omega$  Льва. Эта звезда со времени ее открытия В. Гершелем 8 февраля 1782 г., совершила почти полный оборот. Эта двойная звезда представляет прекрасный объект для испытания телескопов небольших размеров (§ 192).

30. 25 Гонимых Исовь. В этой паре главная звезда белая, спутник голубой. Расстояние между составляющими настолько незначительно, что различить эту звезду можно лишь в самые сильные инструменты.

32.  $\gamma$  Девы (рис. 234). Эта прекрасная звезда привлекала к себе внимание уже многих астрономов. Благодаря многочисленным наблюдениям и определениям орбиты, основанным на этих наблюдениях, мы с большой точностью знаем движение спутника. Его орбита отличает большим эксцентриситетом, и это обусловлено в столь

значительное приближение спутника к главной звезде, во время его прохождения через периастрон, что в это время очень трудно бывает раздѣлить ихъ. Первая ошибка угла положенія была сдѣлана еще Нюндомъ и Браддеемъ въ 1718 г. Для 1756 г. уголъ положенъ и былъ вычисленъ изъ наблюдений Г. Майера, который измѣрилъ разности прямыхъ восхожденій и склоненій обѣихъ звездъ. Съ 1780 г. начались микрометрическия измѣренія В. Гершеля, къ которымъ съ теченіемъ времени прибавилось очень большое число наблюдений. Во время прохождения спутника черезъ периастронъ только В. Струве при помощи дерптскаго рефрактора съ свободнымъ отверстіемъ въ 24 сант. могъ раздвоить эту звезду, что оказалось не подь силу даже большому отражательному телескопу, которымъ наблюдалъ Дж. Гершель на мысъ Доброй Надежды.

33.  $\eta$  Кассиопеи. Ни для одной другой звезды не было сдѣлано такъ много определенныхъ орбиты, какъ для  $\eta$  Кассиопеи: время ея оборота составляетъ по Доберку 222 года, по Грuberу — 195 лѣтъ, по Дюнгеру — 176, по Л. Струве — 149, по Куа (Cott) — 167 и, наконецъ, по новымъ вычислениямъ Левиса 208 лѣтъ. Такимъ образомъ, ошибка въ определеніи времени обращенія достигаетъ нѣсколькихъ десятковъ лѣтъ, что вовсе не должно удивлять насъ, такъ какъ спутникъ прошелъ по своей орбитѣ дугу всего лишь въ 140°. Точно также параллаксъ этой звезды опредѣляется неоднократно. О. Струве получилъ для него 0,15". Соколовъ изъ наблюдений Швейцера 0,27". Левисъ на основаніи измѣренія фотографическихъ пластинокъ Рутерфорда 0,44". Если примемъ для параллакса круглое число 0,3", то съ элементами Левиса найдемъ, что масса системы равна 0,52 массы солнца, а большая полуось въ 28,2 разъ больше среднего разстоянія отъ земли до солнца, т.-е. приблизительно равна среднему разстоянію отъ Нептуна до солнца. Кромѣ того, эта система интересна своимъ большимъ годичнымъ собственнымъ движеніемъ, равнымъ 1,19", в особеннымъ сочетаніемъ цвѣтовъ составляющихъ ее звездъ: главная звезда — желтая, ея спутникъ — пурпуровый.

34.  $\tau$  Офиуха. При открытіи этой звезды въ 1783 г. В. Гершель считалъ ее самой тѣсною парой изъ всѣхъ измѣренныхъ имъ. Въ 1825 г. В. Струве не могъ замѣтить никакихъ слѣдовъ двойственности звезды, и только въ 1827 г. можно было смѣло подозревать, что она двойная. Однако, съ этого времени разстояніе между составляющими настолько увеличилось, что теперь звезда раздвигается сравнительно легко.

35.  $\rho^2$  Волопаса. Эта звезда связана физически съ звездой 4-й величины  $\rho^1$  Волопаса, находящейся отъ нея на разстояніи 2 къ югу. Со времени открытія этой двойной звезды Гершелемъ 10 сентября 1781 года, спутникъ описалъ уже дугу, превосходящую 270°.

Теперь перечислимъ нѣкоторыя двойныя звезды, для которыхъ элементы или совѣтъ не определены, или извѣстны очень неточно, но которыя весьма интересны въ другихъ отношеніяхъ.

$\gamma$  Андромеды открыта въ 1778 г. Хр. Маиеромъ. Больше яркая звезда красная, другая — зеленая. Поэтому, при наблюденіи въ сильные телескопы, вслѣдствіе исключительнаго контраста красокъ, она представляетъ очень красивое зрѣлище. В. Струве въ 1842 году, въ Пулковѣ, замѣтилъ, что болѣе слабая звезда сама двойная, причемъ въ этой парѣ болѣе яркая составляющая зеленого цвѣта, а другая звездочка голубая. Но послѣднюю пару надо причислить къ наиболѣе труднымъ для наблюденія небеснымъ объектамъ, такъ какъ раздвоить ее очень трудно вслѣдствіе незначительнаго разстоянія между составляющими (около 0,5"). Эта тѣсная двойная звезда отстоитъ отъ главной на разстояніи 10". Ея развоище легче всего удастся въ сумерки. Величины трехъ звездъ, входящихъ въ составъ системы  $\gamma$  Андромеды, соответственно равны 3,5, 5,5 и 8,0.

Весьма интересную тройную звезду представляетъ 40  $O^2$  Эрикана. Къ востоку отъ оранжевой звезды 4-й величины, носящей это названіе, находится на разстояніи 1 20'

двойная звезда, составляющая которой, 9-й и 10-й величины, отстоят друг от друга круглым числом на 4". Эта двойная звезда имеет общее с вышеуказанной звездой весьма значительное собственное движение, равное  $4,09''$ , и потому, без сомнения, между ними существует физическая связь, хотя никакого орбитального движения этой двойной звезды вокруг главной до сих пор замечено не было, что, впрочем, легко объясняется их значительным взаимным разстоянием. У двойной же звезды более слабый спутник, со времени его открытия В. Гершелем в 1783 г., прошел уже по своей орбите дугу приблизительно в  $200^\circ$ , откуда Берихем заключил, что время оборота этого спутника составляет 180 лет, а большая полуось равна  $6,25''$ . Однако, эти результаты еще очень ненадежны, так как со времени первого наблюдения В. Гершеля до 1851 года, когда астрономы стали ревностно следить за этой парой, существует лишь одна грубая оценка угла положения в 1825 г., произведенная В. Струве. Параллакс этой звездной системы по Гиллю равен  $0,17''$ , по Холлю  $0,22''$ ; принимал для параллакса в среднем  $0,19''$ , находим, что большая полуось орбиты равна  $32,9$  средним разстояниям от земли до солнца, а масса системы равна 1,1 массы солнца. Продолжительность же обращения около главной звезды измеряется, во всяком случае, тысячами лет.

Для Кастора или  $\alpha$  Близнецов, более западной из двух самых красных звезд этого созвездия, угол положения подобно тому, как и для  $\gamma$  Девы, был скорее оценен, чем измерен еще в 1720 г. Пуассонь и Брэдлеем, а для 1760 года он был выведен из наблюдений Брэддея. Далее следуют измерения В. Гершеля с 1779 до 1803 г., к которым затем примыкают наблюдения В. Струве в 1814 г. и Дж. Гершеля в 1816 г. Наконец, в новейшие времена различные астрономы производили весьма тщательные измерения этой звезды, так что для этого в высшей степени замечательного небесного объекта мы имеем в своем распоряжении прекрасный ряд наблюдений, охватывающий почти полтора столетия. Однако, элементы орбиты этой звезды известны нам еще очень не точно, как это можно видеть хотя бы из того, что для времени полного обращения Медлер получил 519 лет, Хинд и Якоб 640, Тиле, Вильсон и Доберк около 1000 лет, а по новейшим вычислениям Манна оно равно 266 годам. Для более надежного определения продолжительности полного оборота спутника вокруг главной звезды решающим является наступившая теперь десятилетия, так что только в настоящем XX столетии можно надеяться получить точную орбиту этой звезды. На основании сильных изменений угла положения в системе Кастора В. Гершель заключил, что эта звезда представляет физическую систему, а потому к Кастору, равно как и к упомянутой выше звезде  $\gamma$  Девы, Дж. Гершель прежде всего применил свой способ определения орбиты двойных звезд. На разстоянии  $13''$  от Кастора находится еще одна звездочка от 9-ой до 10-ой величины, имеющая такое же собственное движение, как и Кастор, а потому по всей вероятности, составляющая с ним физически-тройную систему.

Но интересности красной очень интересна  $\xi$  Волоса. Главная звезда 4,5 величины окрашена в оранжевый цвет, спутник 5-ой величины — в пурпуровый. Доберк, предпринявший определение орбиты спутника, который уже описал дугу в  $130^\circ$  получил для большой полуоси  $4,86''$ , а для времени оборота 127 лет.

Красная двойная звезда  $\alpha$  Геркулеса была открыта в 1777 году Хр. Маиером и Маскеллином, а два года спустя, независимо от них, В. Гершелем. Центральная звезда 3-ей величины окрашена в темно-желтый цвет, спутник 6-ой величины — в голубой или голубовато-зеленый.  $\alpha$  Геркулеса принадлежит к числу переменных звезд, и яркость ее меняется в пределах от 4-ой до 3-ей величины. Период, в течение которого яркость меняется от наибольшей величины до наименьшей, равен приблизи-

тельно пять мессидамъ В. Струве догадывалъ, что яркость спутника также периодически мѣняется; по крайней мѣрѣ, онъ оценивалъ его то какъ звезду 5-ой величины, то какъ звезду 7-ой величины.

Въ системѣ 19 *II*. Жирафа ( $AR = 5^h 6,1^m$ ,  $D = +79^{\circ} 7'$ ), состоящей изъ двухъ звѣздъ 4,5 и 8-ой величины, взаимное разстояніе между составляющими въ 1825 г. по В. Струве было равно  $37''$ , послѣ чего оно стало постепенно уменьшаться и въ 1877 году сдѣлалось равнымъ только  $20''$ , тогда и къ уголъ положенія съ 1825 года, когда онъ былъ равенъ  $346^{\circ}$ , постепенно увеличивая приблизительно на  $16^{\circ}$ . Но особенный интересъ приобретаетъ эта пара благодаря тому, что обѣ составляющія имѣютъ собственное движеніе, одинаковое по величинѣ ( $0,17''$  въ годъ по большому кругу), но противоположное по направленію. И такъ какъ измѣненіе взаимнаго разстоянія могло произойти не только въслѣдствіе относительнаго движенія одной звѣзды вокругъ другой, но также и въслѣдствіе абсолютнаго движенія обѣихъ звѣздъ въ пространство, то еще неизвѣстно, существуетъ ли между ними физическая связь, и это можетъ быть выяснено только дальнѣйшими измѣреніями. Если такой связи между звѣздами нѣтъ, то въ 1932 году взаимное разстояніе между составляющими должно достигнуть наименьшаго значенія, и тогда оно будетъ равно приблизительно  $9'$ . Въ случаѣ же существованія физической связи измѣренія, по всей вѣроятности, гораздо раньше обнаружатъ значительно меньшее разстояніе.

Двойная звѣзда 61 Лебедя (рис. 234), названная такъ еще Фламестьдомъ, является во многихъ отношеніяхъ очень интересной и важной для науки. Положеніе ея определяется координатами ( $AR = 21^h 24^m$ ,  $D = +38^{\circ} 15'$ ). Обѣ ея составляющія принадлежатъ приблизительно къ звѣздамъ 6-ой величины. Значительное собственное движеніе этой звѣзды (§ 183), какъ извѣстно, послужило поводомъ къ опредѣленію ея параллакса, и это было вообще первое опредѣленіе звѣзднаго параллакса, а, следовательно, и разстоянія до неподвижныхъ звѣздъ (§ 176). Разстояніе между составляющими равно теперь приблизительно  $21'$ , и хотя съ 1753 (Брадлея) до 1875 года уголъ положенія измѣнился на  $92^{\circ}$  (отъ  $35^{\circ}$  до  $127^{\circ}$ ), а разстояніе возросло на  $5'$ , однако, путь, описанный за этотъ промежутокъ времени спутникомъ, не отличается замѣтнымъ образомъ отъ прямой линіи. Только въ последнее время впервые обнаружилась нѣкоторая кривизна этого пути, и Петерсъ, предположивъ, что въ тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго астрономы слѣдили за этой звѣздой, спутникъ прошелъ черезъ апостронъ, пришелъ къ заключенію, что орбита спутника есть эллипсъ съ незначительнымъ эксцентриситетомъ; большая полуось его равна  $29,5'$ , а время обращенія охватываетъ  $782,6$  лѣтъ. Въ среднемъ изъ нѣсколькихъ опредѣленій параллакса этой звѣзды равенъ  $0,50''$  (§ 176). Съ этимъ параллаксомъ и вышеприведенными элементами орбиты спутника мы находимъ, что большая полуось равняется  $59,0$  среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца и, следовательно, почти вдвое больше средняго разстоянія отъ Нептуна до солнца, а масса системы приблизительно въ три раза меньше массы нашего солнца. Сравнивая эти результаты съ приведенными выше (§ 177) звѣздными величинами, которыми выражается бы яркость нашего солнца на различныхъ разстояніяхъ, мы видимъ, что 61 Лебедя значительно уступаетъ ему по силѣ свѣта. Въ 1893 году Вильзингъ, измѣряя фотографическіе снимки этой звѣздной пары, сдѣлалъ очень интересное открытіе: взаимное разстояніе составляющихъ подѣляется периодическимъ колебаніемъ съ амплитудой въ  $1,5'$ , а періодъ этихъ колебаній равенъ  $1,8$  годамъ. Это явленіе можно объяснить только тѣмъ, что одна изъ составляющихъ имѣетъ спутникъ и образуетъ съ нимъ особую физическую систему, въ которой полныя обороты около центра тяжести совершаются въ теченіе вышеупомянутаго промежутка времени. Векоръ послѣ этого Герольдъ Якоби, измѣряя фотографическія пластинки, снятыя Притчардомъ въ 1886 и 1887 годахъ съ цѣлю опредѣленія параллакса, подтвердилъ открытіе Вильзинга.

## § 192. Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ.

Если наблюдать какой-нибудь земной предметъ при помощи нѣсколькихъ различныхъ зрительныхъ трубъ, то иногда бываетъ очень трудно сказать, въ какую изъ нихъ наблюдаемый предметъ виденъ лучше. Не останавливаясь на различныхъ способахъ, предложенныхъ для испытанія зрительныхъ трубъ при помощи земныхъ предметовъ, мы укажемъ лишь на одинъ болѣе или менѣе точный, онъ состоитъ въ томъ, что печатный листъ помѣщается послѣдовательно передъ различными трубами и отодвигается каждый разъ на такое отъ нихъ разстоянне, чтобы нельзя было уже разобрать въ трубу ищечкаганато. Что касается астрономовъ, привыкшихъ также и для этой цѣли пользоваться небесными предметами, то они характеризуютъ качество своихъ телескоповъ тѣмъ, что говорятъ: въ эту трубу можно видѣть болѣе или менѣе отчетливо фазы Венеры, полосы Юпитера, тѣнь колецъ Сатурна и т. д. Но очевидно, что въ этомъ способѣ заключается еще много неопредѣленнаго, и потому онъ не можетъ дать надежнаго основанія для настоящей классификаціи астрономическихъ трубъ.

Совсѣмъ иначе дѣло обстоитъ съ двойными звѣздами. Такъ какъ при изслѣдованіи качества телескопа прежде всего надо обращать вниманіе на то, чтобы полученное при помощи него изображеніе какого-нибудь предмета было воистинѣ отчетливо и совершенно ясно, или, другими словами, необходимо убѣдиться въ томъ, сходятся ли послѣ прохождения черезъ объективъ телескопа въ одной точкѣ сѣтчатые лучи, вышедшіе изъ какой-нибудь точки виѣ телескопа, то двойныя звѣзды представляютъ отличное средство для опредѣленія достоинства изслѣдуемаго телескопа. Въ самомъ дѣлѣ, если обѣ составляющія двойной звѣзды очень ярки, напримѣръ, относятся къ звѣздамъ отъ 1 до 5 величины, и, если онѣ находятся очень близко другъ отъ друга, каковы, напр., Касторъ,  $\xi$  Большой Медвѣдицы,  $\gamma$  Льва,  $\lambda$  Кассіопеи,  $\delta$  Малого Козы, то нужна большая отчетливость изображенія, чтобы эти двѣ яркія точки рѣзко выдѣлялись на темномъ фонѣ, чтобы очертанія обѣихъ звѣздочекъ не были размыты, и чтобы самыя звѣздочки не сливались другъ съ другомъ. Если же, наоборотъ, только одна звѣзда очень яркая, а другая слабая, какъ это мы наблюдаемъ у Ригеля,  $\beta$  Зайца, Сиріуса, то телескопъ долженъ обладать, по выраженію В. Гершеля, большой пронизывающей пространство силой, чтобы при помощи него можно было видѣть маленькую, слабо свѣтящуюся звѣздочку даже тогда, когда она одна находится на небѣ и тѣмъ болѣе въ томъ случаѣ, когда болѣе нея находится очень яркая звѣзда, вѣдствие чего она кажется еще слабѣе. Дѣйствиительно, при прохожденіи черезъ роговую оболочку глаза съ лучами яркой звѣзды происходитъ то же самое, что и при прохожденіи черезъ рѣло, хотя и прозрачное, но лишь слегка и не особенно тщательно отшлифованное на поверхности. Именно часть этихъ лучей преломляется правильно и идетъ на сѣтчатой оболочкѣ изображеніе яркой звѣзды, другая же весьма значительная часть разсѣивается и освѣщаетъ всю сѣтчатую оболочку. Вотъ почему слабая звѣздочка на свѣтломъ фонѣ кажется еще слабѣе, и ея изображеніе какъ бы меркнетъ отъ соседства съ яркой звѣздой.

Исно, что двойныя звѣзды могутъ служить очень удобнымъ средствомъ для точнаго опредѣленія какъ силы телескопа, такъ и правильности его конструкціи, и что такимъ образомъ можно составить, такъ сказать, воистинѣ опредѣленную шкалу сравненія различныхъ инструментовъ между собой.

Съ этой цѣлью мы приводимъ ниже нѣсколько двойныхъ звѣздъ, которыя могутъ служить для испытанія какъ сильныхъ, такъ и слабыхъ телескоповъ.

1. Очень легко, даже въ обыкновенную трубу съ фокуснымъ разстояннемъ въ 80 см и объективомъ объектива въ 5 см., различаются слѣдующія двойныя звѣзды:

$\xi$  Большой Медвѣдицы (Мидаръ), разстояніе  $\Delta = 14$ , величины составляющихъ 3 и 5 (§ 186).



γ Андромеды . . . . .	$\Delta = 11''$ , величины 3 и 5.
δ Звиль . . . . .	$\Delta = 22''$ , > 4 > 4.
κ Геркулеса . . . . .	$\Delta = 30''$ , > 5 > 6.
ζ Лиры . . . . .	$\Delta = 44''$ , > 4 > 5.

II. Для испытания болѣе сильнаго телескопа, нѣсколько болѣе 1 метра фокуснаго расстоянія и съ отверстіемъ объектива въ 8—10 см. служатъ слѣдующія звѣзды:

Касторъ . . . . .	$\Delta = 6''$ , величины 3 и 3.
π Волопаса . . . . .	$\Delta = 6''$ , > 5 > 6.
ζ Короны . . . . .	$\Delta = 6''$ , > 4 > 6.
ζ Рака . . . . .	$\Delta = 5''$ , > 5 > 6 (здесь имѣется

въ виду болѣе далекий спутникъ, § 191).

ε Рыбъ . . . . .  $\Delta = 4''$ , величины 7 и 7.

κ Малой Медвѣдницы или Полярная  $\Delta = 19''$ , величины 2 и 9, эту звѣзду наблюдать довольно трудно вълѣдствіе слабости спутника.

III. Для испытанія трубы съ фокуснымъ расстояніемъ, по крайней мѣрѣ, въ два метра и отверстіемъ объектива въ 12—16 см. служатъ слѣдующія звѣзды:

φ Дѣвы . . . . .	$\Delta = 4''$ , величины 5 и 10.
ρ Геркулеса . . . . .	$\Delta = 4''$ , > 4 > 6.
ε Волопаса . . . . .	$\Delta = 3''$ , > 3 > 6.
β Ориона (Ригель) . . . . .	$\Delta = 9''$ , > 1 > 10.
ζ Волопаса . . . . .	$\Delta = 1''$ , > 4 > 5.
ε Овна . . . . .	$\Delta = 1''$ , > 5 > 6.

IV. Слѣдующія звѣзды считаются очень трудными для наблюденія и видны лишь въ отличные телескопы:

Объ маленькія звѣзды въ трапеціи δ Ориона (§ 187).

ζ Геркулеса.

φ Большой Медвѣдницы.

ω Льва.

γ Андромеды и ея спутникъ, который самъ представляетъ двойную звѣзду (§ 191).

V. Пока еще чувствуется недостатокъ въ средствахъ для испытанія очень большихъ телескоповъ новѣйшаго времени; для этой цѣли могутъ служить многія открытыя Берлиномъ гѣсная вава, въ которыхъ часто рядомъ съ яркою звѣздой находится очень слабый спутникъ. Таковы, напр., звѣзды β Зайца (главная звѣзда 3-ей величины, спутникъ 11-ой, расстояние между ними 3''); β Скорпиона (собственно тройная звѣзда, такъ какъ въ 1879 г. на расстоянии 0,7" отъ главной звѣзды 2-ой величины была открыта спутникъ 10-ой величины); γ Рыбъ (главная звѣзда 4-ой величины, спутникъ 11-ой, расстояние между ними 1') и β Пегаса ( $AR = 23^\circ 57,0''$ ,  $D = 26^\circ 33'$ , § 191) и т. д.

Интереснымъ объектомъ для испытанія можетъ служить также Сириусъ. Далѣе очень хорошимъ средствомъ для опредѣленія раздѣляющей силы телескопа служатъ такія двойныя звѣзды, орбиты которыхъ лежатъ въ плоскостяхъ, проходящихъ чрезъ лучъ нашего зрѣнія, такъ что напр. имѣеть мѣсто у звѣздъ γ Сѣверной Короны, 42κ Волося, ζ Малого Коня и др. (§ 190 и 191), потому что въ этихъ случаяхъ спутникъ можетъ подходить необыкновенно близко къ главной звѣздѣ. Въ менѣе совершенную и менѣе сильную астрономическую трубу такія звѣзды иногда кажутся уже простои тогда какъ въ лучшіи и болѣе сильныи телескопахъ можно еще раздѣлить на двѣ. Впрочемъ, надо замѣтить, что при

наблюденіи весьма трудныхъ объектовъ зоркость глаза, чувствительность его къ малѣйшимъ свѣтовымъ эффектамъ, навыкъ въ подобнаго рода наблюденіяхъ и т. д., словомъ индивидуальность наблюдателя играетъ немаловажную роль, какъ это мы имѣли уже случай замѣтить въ другомъ мѣстѣ (§ 120).

§ 193. Орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ; видъ неба съ этихъ планетъ. Въ сущности мы до сихъ поръ не имѣемъ строгаго доказательства того, что движеними въ системахъ двойныхъ звѣздъ управляетъ законъ тяготѣнія, открытый Ньютономъ. Но съ другой стороны, очевидно, нѣтъ достаточныхъ основаній утверждать противное, такъ какъ мы определяемъ орбиты двойныхъ звѣздъ именно въ этомъ предположеніи и еще ни разу не пришли къ такому результату, который былъ бы совершенно не согласенъ съ наблюденіями или подалъ бы поводъ сомнѣваться въ справедливости основнаго допущенія. Поэтому мы имѣемъ право предположить, что этотъ законъ, управляющій всеми движеніями въ нашей солнечной системѣ, имѣетъ силу также и въ системахъ двойныхъ звѣздъ и является общимъ закономъ для всей вселенной.

На этомъ же допущеніи основаны также вышеприведенныя данныя относительно массъ нѣкоторыхъ системъ двойныхъ звѣздъ. Дѣйствительно, если  $\pi$  есть годичный параллаксъ главной звѣзды,  $a$  — большая полуось эллиптической орбиты, выраженная въ секундахъ,  $r$  — та же величина, выраженная въ тѣхъ единицахъ длины, которыя употребляются при измѣреніи разстояній отъ земли до звѣздъ (§ 175),  $\ell$  — время обращенія спутника въ годахъ,  $m$  — масса системы, причемъ за единицу массы принята масса солнца, то на основаніи положеній, съ которыми мы познакомимся въ главахъ I и II третьей части этой книги, мы можемъ написать слѣдующія соотношенія

$$r = \frac{a}{\pi} \quad , \quad m = \frac{a^3}{\pi^3 \ell^2} .$$

Такъ какъ двойныя звѣзды суть тѣла, подобныя нашему солнцу, то едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что и онѣ, какъ и наше солнце, посылаютъ свѣтъ и теплоту обращающимся вокругъ нихъ планетамъ и кометамъ. Но орбиты этихъ послѣднихъ должны значительно отличаться отъ орбитъ нашихъ кометъ и планетъ.

Въ нашей системѣ всѣ планеты и кометы совершаютъ свои движенія около одного центральнаго тѣла, именно около солнца, и вслѣдствіе этого по закону Ньютона, ихъ орбитами могутъ быть только коническія сѣченія, т.-е. эллиптически, параболически или гиперболическія кривыя. Дѣло принимаетъ болѣе сложный оборотъ въ томъ случаѣ, когда планета притягивается двумя солнцами: тогда при различныхъ предположеніяхъ объ отношеніи массы одного центральнаго тѣла къ массѣ другого мы можемъ получить для орбиты планеты безчисленное множество разнообразныхъ, часто весьма замѣчательныхъ по виду кривыхъ линий. Эйлеръ и послѣ него Лагранжи произвели касанія этого вопроса изслѣдованія при наиболее простыхъ гипотезахъ объ отношеніи массъ и пришли къ весьма интереснымъ результатамъ, изъ которыхъ нѣкоторые мы до сихъ поръ здѣсь въ краткихъ словахъ.

Если массы обоихъ солнцъ одинаковы, то планета описываетъ эллипсъ, въ фокусахъ котораго находятся оба притягивающія тѣла, причемъ скорости планеты на обоихъ концахъ большой оси эллипса имѣютъ одинаковую величину, и, кромѣ того, планета употребляетъ одинаковые промежутки времени на прохожденіе вѣдана изъ четырехъ квадрантовъ, т.-е. на прохожденіе отъ конца одной оси до конца другой.

При извѣстномъ отношеніи притягивающихъ силъ обоихъ солнцъ, въ связи съ первоначальнымъ толчкомъ, который планета получила при своемъ образованіи, она опять должна описывать эллипсъ, но только эллипсъ, мѣняющійся съ теченіемъ времени. Если планета выходитъ, напримѣръ изъ точки  $A$  большой оси  $AB$  (рис. 235), то она опишетъ дугу  $ADB$ , но затѣмъ съ другой стороны оси  $AB$  она будетъ двигаться по

такому пути что въ концѣ перваго оборота пересѣчетъ эту ось уже не въ точкѣ  $A$ , а въ  $A'$ ; описавъ, далѣе, дугу  $ADB$ , планета подъ линіей  $A'B'$  будетъ двигаться такъ, что въ концѣ втораго оборота она встрѣтитъ ось  $A'B'$  въ точкѣ  $A'$ . Отъ этой точки она движется уже по линіи  $A'DB$ , причемъ подъ осью  $A'B'$  описываетъ теперь такую дугу, что въ концѣ третьяго оборота приходитъ опять въ точку  $A$ , а въ концѣ четвертаго она будетъ снова въ точкѣ  $A$ , откуда она вышла въ самомъ началѣ. Въ другихъ случаяхъ планета возвращается снова въ точку отправленія черезъ пять, шесть и больше оборотовъ; а иногда при слѣдующихъ другъ за другомъ оборотахъ она пересѣкаетъ отрезки  $AA'$  и  $BB'$  послѣдовательно во всехъ точкахъ, такъ что путь планеты всегда заключается между двумя пограничными эллипсами  $ADB$  и  $A'D'B'$ , и въ этомъ пространствѣ истинная орбита малю-по-малю сначала какъ бы растягивается, а потомъ снова сжимается.

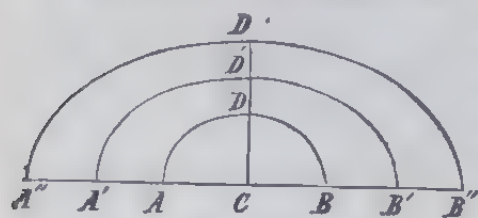


Рис. 235.

по дугѣ  $DEBB$  снова возвращается въ точку отправленія  $A$ .

Столь разнообразны могутъ быть орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ даже въ томъ случаѣ, если движеніе происходитъ постоянно въ одной и той же плоскости. Безъ дальнѣйшихъ объясненій ясно, что безъ этого ограниченія число кривыхъ линій, которыя могли бы служить орбитами, весьма значительно увеличивается, причемъ видъ кривыхъ дѣлается весьма сложнымъ, и математически анализъ становится безвѣрнымъ; даже приблизительно опредѣлить все эти въ высшей степени запутанныя движенія.

Выше мы уже указывали на то, какую необыкновенную картину должно представлять небо при наблюденіи съ поверхности луны или съ поверхности спутниковъ Юпитера и Сатурна. Но еще болѣе поразительную картину представляетъ небо для жителей планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ. По всей вѣроятности, орбиты этихъ планетъ, весьма сложныя по формѣ и удивительнымъ образомъ между собою перепутанныя, служатъ причиною того, что свѣтъ жителей этихъ планетъ объ истинныхъ движеніяхъ этихъ послѣднихъ весьма скуденъ даже въ сравненіи съ тѣми свѣтами, которые мы имѣемъ въ семени тысячелѣтій относительно истинныхъ орбитъ нашихъ планетъ. Прибавимъ къ этому еще спутники и кольца планетъ, цѣлый рой кометъ, летающихъ по всемъ направлениямъ, и тогда лишь съ большимъ трудомъ мы можемъ составить себѣ хотя бы приближенное представленіе объ этомъ удивительномъ зрѣлищѣ.

Какое поразительное впечатлѣніе на нашъ глазъ, какія замѣчательныя измѣненія во всей окружающей насъ природѣ произвело бы, напримѣру, красное, зеленое или голубое солнце! Мы уже имѣли случай (§ 7) подробно рассмотреть, какое вліяніе производятъ на глаза природы цвѣтные лучи солнца. Если уже при одномъ солнцѣ получается въ природѣ столь замѣчательная игра красокъ, то какое же удивительное зрѣлище можетъ представляться тамъ, гдѣ свѣтитъ два или нѣсколько различно окрашенныхъ солнцъ! Вотъ красное солнце понимается надъ горизонтомъ передъ удивленнымъ наблюдателемъ, и небо и земля принимаютъ ярко-пурпуровую окраску. Черезъ нѣсколько часовъ восходитъ другое солнце голубое или зеленое, и съ его появленіемъ сразу мѣняется весь обликъ природы. Пока слѣтъ одно красное солнце, вся земля залита розовымъ свѣтомъ; если же,

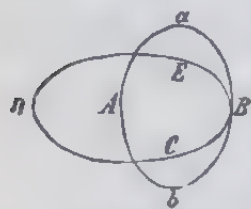


Рис. 236.

Въ концѣ, въ иныхъ случаяхъ орбита имѣетъ видъ двойной кривой, подобной той, которая изображена на рис. 236. Въ этомъ случаѣ планета выходитъ изъ точки  $A$  большой оси и описываетъ половину эллипсообразной кривой  $AaBb$ ; въ точкѣ  $B$  она вступаетъ на другую эллиптическую кривую  $BcD$ ; придя въ точку  $D$  она оканчиваетъ половину полнаго оборота и затѣмъ

послѣ его захода, надъ горизонтомъ появляется голубое или зеленое солнце, то все, и моря, и пустыни, покрывается лазурнымъ или изумруднымъ ковромъ. Когда же, наконецъ, надъ горизонтомъ находятся одновременно оба солнца, и, такимъ образомъ, вся природа освѣщается лучами двухъ дополнительныхъ цвѣтовъ, тогда съ предметовъ сразу исчезаетъ ихъ пестрый нарядъ, и все кругомъ принимаетъ однообразный невольно-сѣрый оттѣнокъ.

§ 194. **Измѣнчивость собственнаго движенія нѣкоторыхъ неподвижныхъ звѣздъ.** Прежде чѣмъ кончить эту главу, мы остановимся нѣсколько подробнѣе еще на двухъ глвахъ двойныхъ звѣздъ, на одной изъ которыхъ указалъ намъ Бессель (незадолго до своей смерти). Мы имѣемъ въ виду тотъ случай, когда неподвижная звѣзда имѣетъ гемматого, или во всякомъ случаѣ настолько слабосвѣтящагося спутника, что онъ остается для насъ невидимымъ, и потому его существованіе обнаруживается не помощью непосредственныхъ наблюденій, а благодаря тому дѣйствию, которое онъ производитъ на свѣтящееся тѣло системы. Но такъ какъ вначалѣ многіе астрономы сомнѣвались въ возможности гемматого гѣда значительныхъ размѣровъ, то мы прежде всего изложимъ вкратцѣ ходъ мыслей, который Бессель, положилъ въ основу своихъ замѣчательныхъ изслѣдованій, а затѣмъ перейдемъ къ описанію открытій, подтвердившихъ его заключенія.

Такъ какъ собственные движенія (§ 183) неподвижныхъ звѣздъ, безъ сомнѣнія, можно разсматривать какъ результатъ взаимнаго притяженія всѣхъ тѣлъ окружающей насъ звѣздной системы, и такъ какъ влѣдствіе этого взаимное положеніе всѣхъ этихъ тѣлъ въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени измѣняется лишь весьма незначительно, то это движеніе многіе годы и даже многія столѣтія подрядъ представляется равномернымъ, если только нѣтъ какихъ-нибудь возмущающихъ причинъ. Отсюда слѣдуетъ, что собственное движеніе неподвижной звѣзды за какой-нибудь промежутокъ времени, напримѣръ, за одинъ годъ, можно опредѣлить, зная ея положеніе на небѣ, соответствующія двумъ болѣе или менѣе удаленнымъ другъ отъ друга моментамъ: для этого нужно только число секундъ, пройденныхъ звѣздой за это время по дугѣ большаго круга, раздѣлить на число лѣтъ, заключающихся въ разсматриваемомъ промежуткѣ. Именно этимъ способомъ и опредѣлены всѣ собственные движенія неподвижныхъ звѣздъ, обыкновенно указываемыя въ звѣздныхъ каталогахъ. Однако, Бессель въ 1844 г. показалъ, что предположеніе о постоянствѣ собственныхъ движеній справедливо во всякомъ случаѣ не для всѣхъ звѣздъ. Именно онъ съ особенной тщательностью изслѣдовалъ положенія 36 яркихъ, такъ называемыхъ основныхъ Маскеллиновыхъ звѣздъ и, пользуясь наблюденіями Брэддlea и своими собственными, вывелъ для этихъ звѣздъ ихъ собственные движенія. Результаты его работы, достойной величайшаго уваженія какъ благодаря строгому плану, такъ и благодаря большому количеству выполненныхъ вычисленій, собраны въ книгѣ: «*Tabulae Regiomontanae etc.*», начатой въ 1830 году. Впоследствии, именно въ 1840 году, было предпринято новое опредѣленіе положеній вышеупомянутыхъ фундаментальныхъ звѣздъ, и при этомъ для Проціона и Сиріуса совершенно неожиданно обнаружилось удивительное разногласіе съ первоначальными опредѣленіями, далеко превосходящее возможныя ошибки наблюденій. «Второе опредѣленіе склоненія фундаментальныхъ звѣздъ», говоритъ Бессель, «сдѣланное мною на основаніи наблюденій г-ра Буша, для Проціона даетъ результатъ, отличный отъ прежняго на 1,6". Подобное же отклоненіе прямого восхожденія Сиріуса отъ прежнихъ опредѣленій, начиная съ 1831 года, обнаруживается благодаря тому, что поправка часовъ, выведенная по этой звѣздѣ, по болѣе части, представляетъ значительное несогласіе съ поправками, полученными по остальнымъ фундаментальнымъ звѣздамъ, причѣмъ, если она положительна, то Сиріусъ даетъ для нея меньшее, а если отрицательна, то—большее значеніе, чѣмъ другія звѣзды, такъ что прямое восхожденіе Сиріуса за послѣднія 10 лѣтъ, по видимому, увеличилось въ сравненіи съ прежними опредѣленіями. Разность эта достигла

почти  $\frac{1}{4}$  секунды времени. Такия отклонения показываютъ, что собственное движеніе не всегда бываетъ равномерно».

Бессель дѣлаетъ изслѣдуетъ вопросъ, отчего могутъ зависѣть такія измѣненія собственнаго движенія, и, рассмотреть подробно всѣ возможные причины этого явленія, онъ пришелъ, наконецъ, къ тому заключенію, что оно можетъ обуславливаться только присутствіемъ неизвѣстнаго темнаго тѣла, которое находится очень близко отъ звѣзды съ переменнымъ собственнымъ движеніемъ и составляетъ вмѣстѣ съ нѣмъ тѣсную звѣздную систему. Въ самомъ дѣлѣ, одиночная звѣзда, не подверженная никакому дѣйствию иныя силъ, можетъ только или находиться въ покой, или двигаться прямолинейно и равномерно, какъ мы уже упоминали объ этомъ выше. Поэтому такая звѣзда или будетъ совершенно неподвижна, или же ея движеніе должно совершаться съ постоянной скоростью по дуго большаго круга, плоскость котораго проходить черезъ направление движенія и точку, гдѣ находится наблюдатель. Если же взаимно притягиваются два или нѣсколько такихъ тѣлъ, которыя въдѣствие ихъ взаимной близости составляютъ одну систему, то по основнымъ принципамъ механики центръ тяжести системы опять двигается равномерно и прямолинейно, а каждое отдѣльное тѣло обладаетъ въ этомъ случаѣ неравномернымъ движеніемъ, потому что оно не только перемѣщается вмѣстѣ съ центромъ тяжести, но, кромѣ того, совершаетъ движеніе вокругъ этого центра, и это послѣднее движеніе тѣмъ сложнѣе, чѣмъ больше число тѣлъ, составляющихъ систему. Такимъ образомъ, звѣзда съ переменнымъ собственнымъ движеніемъ есть только часть системы, состоящей изъ двухъ или нѣсколькихъ тѣсно связанныхъ между собой небесныхъ тѣлъ, и измѣненія собственнаго движенія обуславливаются внутреннимъ движеніемъ системы, а потому заключаются въ извѣстныхъ предѣлахъ и, следовательно, представляютъ явленіе периодическаго характера. Если въ системѣ двойной звѣзды наблюденія обнаружатъ измѣненія въ движеніи одной изъ составляющихъ, то въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго, такъ какъ существованіе этихъ измѣненій и ихъ періодичность при каждомъ оборотѣ обихъ составляющихъ вокругъ общаго центра тяжести могутъ быть доказаны на основаніи законовъ механики. Если же измѣненія собственнаго движенія мы замѣчаемъ у простой звѣзды, то необходимо допустить, что это лишь единственная видимая часть тѣло системы, и возразить противъ этого можно было бы лишь въ томъ случаѣ, если бы имѣлось какое-нибудь основаніе считать свѣтимость естественнымъ свойствомъ матеріи. Изъ того обстоятельство, что видимыхъ звѣздъ безчисленное множество, нельзя вывести заключенія, что не можетъ быть также безчисленнаго множества невидимыхъ тѣлъ. Едва ли можно сомнѣваться, что извѣстная звѣзда, открытая датскимъ астрономомъ Тихо-Браге тѣль созвездія Кассіопеи, существуетъ и теперь, но только какъ невидимое тѣло (§ 198).

Здѣсь Бессель приводитъ подробности своихъ изслѣдованій относительно измѣненія склоненія Проктора, при этомъ онъ пользуется особымъ методомъ съ дѣлю неслѣдствій, насколько возможно, систематическую разность между различными звѣздными кадаломни и приводитъ къ несомнѣнному, вытекающему изъ наблюденій, результату, заключающемуся въ томъ, что предположеніе о постоянствѣ собственнаго движенія Проктора по склоненію не вѣрно». Какого характера эти неравенства собственнаго дѣла тѣ и какому закону они подчинены объ этомъ ничего опредѣленнаго сказать нельзя, но съ нѣкоторою увѣренностью можно заключить, что періодъ этихъ неравенствъ составляетъ приблизительно шестьдесятъ лѣтъ.

Нельзя имѣть же образомъ Бессель обработать прямая восхожденія Сируса. Собственное движеніе Сируса онъ вывелъ изъ срѣдненія наблюденій Брадлея съ своими собственными, причемъ онъ основанія положенія звѣзды были опредѣлены съ большою точностью. Но въ 1830 году обнаружилось значительное различіе между вычисленнымъ и наблюдаемымъ локоткомъ Сируса, наблюдѣнное прямое восхожденіе было приблизительно на

0,19° больше вычисленного. Въ 1843 году эта ошибка достигла уже 0,32°. Забывъ это, Бессель сравниваетъ положеніе Сіріуса, данное имъ въ «*Tabulae Regiomontanae*», съ тѣми положеніями, которыя приведены въ различныхъ звѣздныхъ каталогахъ, а также съ результатами своихъ собственныхъ наблюдений и при этомъ приходитъ къ заключенію, что «допущеніе постоянства движенія Сіріуса по прямому восхожденію не согласно съ новѣйшими наблюденіями». Периодъ этихъ возмущеній, повидимому, составляетъ приблизительно пятьдесятъ лѣтъ.

Однако, самъ Бессель не вычислялъ орбитъ, которыя Сіріусъ и Продионъ описываютъ около предполагаемаго темнаго гѣла, или, говоря точнѣе, около центра тяжести своей системы, такъ какъ для этого ему показался недостаточнымъ имѣвшійся налицо матеріалъ, главнымъ образомъ, вследствие значительнаго пробѣла въ наблюденіяхъ отъ 1755 до 1820 года. Это топоненіе къ работѣ Бесселя для одной изъ звѣздъ, именно для Сіріуса, было сдѣлано нѣсколько лѣтъ спустя К. А. Ф. Петерсомъ, бывшимъ въ то время еще въ Кенигсбергѣ. Такимъ образомъ, Петерсъ, предположивъ, что Сіріусъ составляетъ звѣздную систему съ другимъ невидимымъ, темнымъ гѣломъ, и что оба эти тѣла движутся около ихъ общаго центра тяжести по закону Ньютона, первыми объяснилъ теоретически наблюдаемая неравенства собственного движенія этой звѣзды и опредѣлилъ описываемую ею эллиптическую орбиту.

Впоследствии Саффордъ кромѣ прямыхъ восхожденій обработалъ также и склоненія Сіріуса и обнаружилъ неравенства собственного движенія по склоненію, вполне объяснимыя движеніемъ Сіріуса по орбитѣ, очень близкой къ той, какую опредѣлили Петерсъ изъ наблюденій прямыхъ восхожденій. Но самая обширная работа по этому вопросу была предпринята Ауверсомъ въ 1860 г. Принявъ во вниманіе все наблюденія Сіріуса, имѣвшіяся налицо до того времени, а именно около 7000 прямыхъ восхожденій и 4500 склоненій Ауверсъ опредѣлилъ новую орбиту этой звѣзды, которая весьма точно представляла наблюденія. Въ результатъ онъ получилъ слѣдующіе элементы:

Прохожденіе Сіріуса черезъ періастронъ . . . . .	1843,28
Долгота узла . . . . .	61°58
Расстояніе узла отъ періастрона . . . . .	18 55
Наклонность . . . . .	47 9
Эксцентриситетъ . . . . .	0,615
Среднее расстояніе Сіріуса отъ центра тяжести системы . . . . .	2,331"
Время обращенія . . . . .	49,4 лѣтъ.
Движеніе: обратное.	

Но еще прежде, чѣмъ была окончена эта обширная и трудная работа, открытіе спутника Сіріуса, сдѣланное Кларкомъ въ Бостонѣ 31 января 1862 года при помощи имъ самимъ устроенаго прекраснаго рефрактора съ отверстіемъ въ 47 сант., блестящимъ образомъ подтвердило предположеніе Бесселя, что Сіріусъ есть только одна часть двойной системы, другую часть которой мы до тѣхъ поръ не видали. Теперь оставалось только изслѣдовать вопросъ, дѣйствительно ли вліяніемъ открытаго спутника Сіріуса, близость котораго къ яркой звѣздѣ, очевидно, была причиной того, что все розысканіе его до тѣхъ поръ были безуспѣшны, можно объяснить наблюдаемыя неравенства собственного движенія Сіріуса. Какъ только были опубликованы первыя наблюденія спутника, Ауверсъ тотчасъ же показалъ, что это возможно при допущеніи, что массы Сіріуса и его спутника относятся, какъ 2,05 къ 1. Чтобы можно было судить о степени согласія между вычислениями и наблюденіями, онъ вычислилъ положенія спутника по вышеприведеннымъ элементамъ до 1890 года, когда онъ скрылся въ лучахъ главной звѣзды на нѣсколько лѣтъ даже для гигантскихъ телескоповъ нашего времени, и ниже приведены черезъ звуковыя

промежутки тѣхъ отклоненій, которыя получились при сравненіи дѣйствительныхъ положеній спутника, выведенныхъ изъ наблюдений, съ упомянутой эфемеридой Ауверса.

Уклоненія			Уклоненія			Уклоненія		
Годъ.	разстоян- ія.	угла по- ложенія.	Годъ.	разстоя- нія.	угла по- ложенія.	Годъ.	разстоя- нія.	угла по- ложенія.
1862,2	+0,08"	-0,40 <sup>0</sup>	1872,2	+0,54"	-5,80 <sup>0</sup>	1882,1	+1,18"	6,52 <sup>0</sup>
64,2	-0,37	2,64	74,2	+0,60	-6,03	84,2	+1,53	7,72
66,2	-0,25	-3,64	76,2	+0,69	-6,66	86,1	+1,59	3,31
68,2	-0,26	4,50	78,1	0,76	-6,30	88,2	+1,69	+7,10
70,2	+0,07	-4,92	80,1	+0,84	-6,19	90,3	+1,72	+23,34

Постепенное увеличеніе отклоненій наблюдаемыхъ положеній отъ орбиты Ауверса, въ связи съ слишкомъ слабой яркостью спутника, вѣдущіе которой становится даже невѣроятной столь незначительная разность между его массой и массой главной звѣзды, въ последнее время неоднократно служило поводомъ къ сомнѣніямъ, дѣйствительно ли звѣздочка, которую мы видимъ, есть тѣло, возмущающее движеніе Сиріуса, въ особенности послѣ того какъ опредѣленія орбиты, произведенныя безъ всякихъ допущеній, дали болѣе продолжительное время оборота. Напримѣръ, по Плу и меру орбита съ временемъ обращенія въ 442 года еще въ 1881 году лучше удовлетворяла наблюдениямъ, чѣмъ орбита, вычисленная Ауверсомъ, хотя, согласно съ наблюдениями, спутникъ за это время совершилъ уже около половины полного оборота. Это интересный примѣръ того, какъ ненадежны элементы орбитъ двойныхъ звѣздъ, если они опредѣлены по небольшой дугѣ. Чтобы положить конецъ всемъ этимъ сомнѣніямъ, Ауверсъ въ 1892 г. снова принялся за свои изслѣдованія и въ результатѣ получилъ элементы, которые приведены нами въ § 190, и которые удовлетворительно представили не только всѣ наблюдения спутника, но также всѣ неравенства въ собственномъ движеніи Сиріуса, обнаруженныя меридианными наблюдениями со времени Брайда. По этимъ новымъ изслѣдованіямъ масса главной звѣзды въ  $2\frac{1}{8}$  раза больше массы спутника.

По яркости спутникъ гораздо слабѣе Сиріуса. Онъ представляетъ звѣздочку не болѣе какъ 9-ой величины: если мы, какъ и прежде, примемъ, что Сиріусъ въ 9,12 разъ ярче нормальной звѣзды 1-ой величины, и что отношеніе яркостей звѣздъ двухъ соединенныхъ классовъ составляетъ 2,5, то спутникъ долженъ быть въ 13900 разъ слабѣе Сиріуса, между тѣмъ какъ его масса равна приблизительно половинѣ массы главной звѣзды. По опредѣленіямъ Гилля и Элкина параллаксъ Сиріуса равняется 0,38" (§ 176); поэтому большая полуось орбиты, составляющая 7,57", будучи выражена въ линейныхъ единицахъ, равняется 19,9 среднимъ разстояніемъ отъ земли до солнца, т. е. она приблизительно такой же величины, какъ и большая полуось эллипса, описываемого Ураномъ. Масса всей системы въ 324 раза больше массы солнца, причемъ на долю Сиріуса приходится 2,20 массы солнца и на долю его спутника 1,04.

Какъ о любопытномъ фактѣ, слѣдуетъ еще упомянуть о томъ, что высказанное въ 1876 г. Дюнеромъ предположеніе, что въ большіе рефракторы новѣйшаго времени, по всей широтности, можно будетъ видѣть спутника Сиріуса еще до заката солнца, оправдалось на самомъ дѣлѣ, такъ какъ въ Вашингтонѣ его нѣсколько разъ отчетливо видѣли незадолго до заката солнца.

Что касается второй звѣзды, именно Прокіона, у котораго еще Бессель замѣтилъ неравномѣрность движенія по склоненію, то въ 1851 году Медлеръ обнаружилъ неравномѣрность движенія этой звѣзды также и по прямому восхожденію и нашелъ, что достаточно допустить существованіе спутника, описывающаго полный оборотъ по своей орбитѣ въ 50 лѣтъ, чтобы довольно хорошо объяснить эти неравенства. Болѣе точное опредѣленіе орбиты предпринято было только въ 1862 г. опять Ауверсомъ, который, воспользовавшись

всѣми пригодными для этой цѣли наблюдѣніями, охватывающими промежутокъ времени въ 118 лѣтъ, вычислилъ слѣдующую круговую орбиту:

Эпоха наименьшаго значенія <i>AK</i> . . . . .	1795,629
Время полного оборота . . . . .	39,866 лѣтъ.
Годовое движеніе . . . . .	9,02993°
Радиусъ круговой орбиты . . . . .	0,9805"

Въ 1883 году Л. Струве, тщательно обработавъ наблюдѣнія скопленія Прокциона, произведенныя его отцомъ О. Струве, опредѣлилъ еще наклонность плоскости орбиты спутника и нашелъ ее равную  $45\frac{1}{2}^{\circ}$ .

\* Открыть же спутникъ Прокциона непосредственными наблюдѣніями удалось лишь 14 ноября 1896 года астроному Шеберле на Ликской обсерваторіи въ Калифорніи. Этотъ спутникъ представляетъ собою звѣздочку 13-ой величины. \*

Шубертъ полагаетъ, что кромѣ Сиріуса и Прокциона ему удалось замѣтить неравно-мѣрность собственнаго движенія также у  $\beta$  Ориона,  $\alpha$  Гидры и въ особенности у  $\alpha$  Цвы. Однако, Ауверсъ показалъ, что Шубертъ получилъ такой результатъ исключительно благодаря тому, что имѣвшійся въ его распоряженіи матеріалъ не былъ достаточно обширенъ. Напротивъ того, мы имѣемъ указанія на то, что въ системахъ нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ, повидимому, существуютъ темныя спутники, которые возмущаютъ движеніе видимыхъ составляющихъ (§ 191, §§ 18 и 23).

§ 195. **Открытіе двойныхъ звѣздъ при помощи спектроскопа.** Выше мы видели, что существуетъ много такихъ двойныхъ звѣздъ, составляющія которыхъ въ нѣкоторыхъ частяхъ своего пути настолько близко подходятъ другъ къ другу, что ихъ нельзя раздѣлить даже въ самые сильные наши телескопы. По тому легко можно ожидать, что существуютъ также и такія двойныя звѣзды, для которыхъ взаимное разстояніе столь незначительно, что вообще мы никогда не можемъ видѣть каждую составляющую отдѣльно. И, действительно, подобно тому, какъ Бессель на основаніи меридианнаго измѣненія Сиріуса и Прокциона заключилъ о существованіи у нихъ темныхъ спутниковъ совершенно также Фогель и В. Никерингъ почти одновременно доказали при помощи спектроскопа, что существуютъ тѣсныя двойныя звѣзды, которыя не могутъ быть раздвоены ни въ какие телескопы. Принципъ, на которомъ основано это блестящее открытіе, состоитъ въ слѣдующемъ.

Въ системахъ двойныхъ звѣздъ, какъ и вообще при каждомъ орбитальномъ движеніи, обѣ составляющія *A* и *B* движутся вокругъ общаго центра тяжести. Въ извѣстный моментъ одна составляющая, напр., *A* движется по направленію къ землѣ, а другая *B* въ то же самое время удаляется отъ нея, и влѣдствіе этого, на основаніи принципа Доплера (§ 183), спектральныя линіи звѣзды *A* перемѣстятся къ фиолетовому концу спектра, а звѣзды *B* — къ красному. По истеченіи половины полного оборота случатся обратныя явленія, именно звѣзды *A* будутъ удаляться отъ земли, а *B* — къ землѣ, такъ что въ спектрѣ составляющей *A* преобладаютъ смѣшенныя линіи къ красному концу, а въ спектрѣ *B* — къ фиолетовому. Въ серединѣ между этими двумя моментами обѣ составляющія движутся по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ лучу нашего зрѣнія, и никакого смѣшенія спектральныхъ линій въ это время не будетъ.

Если движеніе совершается столь быстро, что эти смѣшенія можно замѣтить при помощи нашихъ аппаратовъ, то измѣненія, которыя произойдутъ влѣдствіе этого въ видѣ спектра, будутъ различны въ зависимости отъ характера двойной системы. Цѣлѣвѣтственно, если одна изъ составляющихъ представляетъ темное тѣло или, по крайней мѣрѣ, обладаетъ настолько незначительной яркостью, что ея спектръ влѣдствіе обыкновенной слабости, вовсе не можетъ быть замѣченъ, то линіи периодически будутъ смѣняться сначала отъ



красного конца спектра къ фиолетовому, а потомъ обратно. Согласно съ наблюдениями Фотеля, такой случай имѣть мѣсто, напр., у Сики, для которой периодъ этихъ смѣщеній равняется 4,0134 днямъ.

Можно сдѣлать еще одинъ шагъ впередъ. Измѣреніе наибольшаго смѣщенія даетъ намъ скорость  $g$  движенія звѣзды по орбитѣ, а промежутокъ времени  $t$  между двумя послѣдовательными моментами, которымъ соответствуютъ наибольшія смѣщенія, равняется продолжительности периоду полного обращенія видимой звѣзды вокругъ центра тяжести. Далѣе, за недостаткомъ другой исходной точки, примемъ, что орбита есть окружность круга радиуса  $a$ , и что, следовательно, длина этой окружности равна  $2\pi a$ , гдѣ подъ  $\pi$  разумѣется лудольфово число (см. стр. 29, примѣчаніе). въ такомъ случаѣ, очевидно, мы можемъ написать слѣдующее уравненіе:

$$2\pi a = gt.$$

Такимъ образомъ, мы можемъ опредѣлить приближенно размѣры орбиты, не зная расстоянія отъ земли до звѣзды, т.-е. не зная ея паралакса. Такъ, Фотель нашелъ, что скорость  $g$  движенія Сики въ одну секунду составляетъ 91,3 километровъ,  $t$  равняется 4,0134 днямъ или 346757 сек., отсюда для  $a$  онъ получилъ 5,04 миллионъ километровъ, или 0,0339 средняго расстоянія отъ солнца до земли. Далѣе, сдѣлавъ какое-нибудь предположеніе объ отношеніи массъ, составляющихъ систему, мы можемъ выразить массу всей системы черезъ массу нашего солнца. Пусть, напримѣръ, массы Сики и невидимаго спутника равны между собой, въ такомъ случаѣ масса каждаго изъ этихъ тѣлъ должна составлять 1,3 массы нашего солнца.

Въ некоторыхъ случаяхъ положеніе орбиты можетъ быть таково, что земный спутникъ при каждомъ своемъ оборотѣ закрываетъ часть видимой звѣзды и задерживаетъ, следовательно, нѣкоторую часть идущихъ отъ нея лучей, такъ что яркость звѣзды во время прохожденія спутника сразу уменьшается и затѣмъ быстро принимаетъ свою обыкновенную величину. Такимъ образомъ, мы будемъ имѣть передъ собой звѣзду яркости которой вообще не мѣняется, но по временамъ въ теченіе короткаго промежутка времени вдругъ падаетъ до нѣкотораго минимума и затѣмъ такъ же быстро принимаетъ свою обыкновенную величину. Среди переменныхъ мы встрѣчаемъ нѣсколько такихъ звѣздъ. Типичнѣйшимъ представителемъ этихъ переменныхъ является Альголь (§ 197, № 13), и спектроскопически изслѣдованія Фотеля дѣйствительно показали, что Альголь имѣетъ земнаго спутника, который покрываетъ его въ теченіе 9 час. 15 мин. при каждомъ оборотѣ, равномъ 2,867 днямъ причѣмъ яркость звѣзды со 2-й величины къ серединѣ затмѣнія, т.-е. въ теченіе 4 час. 52,5 мин., падаетъ до 4-й.

Допустимъ опять, что орбита спутника круговая, что каждый разъ имѣетъ мѣсто центральное покрываніе главной звѣзды спутникомъ, и что его масса равна половинѣ массы Альголя. Въ такомъ случаѣ получимъ:

для расстоянія между центрами обѣихъ тѣлъ 5,2 миллионъ километровъ,

для скорости движенія главной звѣзды 42 километра;

для скорости движенія спутника 89 километра;

для массы главной звѣзды  $\frac{4}{9}$  солнечной массы;

для массы спутника  $\frac{2}{9}$  солнечной массы.

Исучая кривую, представляющую измененія яркости Альголя во время прохожденія передъ нимъ спутника, Фотель заключилъ, что оба эти небесныя тѣла окружены атмосферами довольно значительнаго прогнѣнія, а по продолжительности прохожденія онъ нашелъ, что диаметръ главной звѣзды равняется 1,7 и диаметръ спутника 1,3 миллионъ километровъ.

Поздѣе это В.дополскій показалъ, что кромѣ Альголя также и у  $\delta$  Цефея, при-

надлежащей къ тому же типу переменныхъ звездъ, какъ и Алголи, измененія яркости зависягь отъ прохожденія темнаго спутника передъ свѣтлой звездой.

Если же обѣ звезды настолько ярки, что видимый спектръ состоитъ изъ двухъ наложенныхъ другъ на друга спектровъ обихъ составляющихъ, то въ тотъ моментъ, когда обѣ звезды движутся относительно земли по прямо противоположнымъ направлениямъ, спектральныя лини въ одномъ спектрѣ смѣстятся направо, а въ другомъ лѣво и въ это время будутъ, такимъ образомъ, казаться двойными. Впервые такое наблюденіе было сдѣлано надъ спектромъ Мицара ( $\zeta$  Большой Медвѣдицы), причемъ на фотографіяхъ этого спектра было замѣчено, что черезъ каждыя 52 дня мажорная линія дѣлалась двойной. На основаніи этого Пикерингъ заключилъ, что Мицаръ, не считая отдаленнаго спутника, самъ состоитъ изъ двухъ звездъ, которыя совершаютъ полный оборотъ вокругъ ихъ общаго центра тяжести въ 104 - 105 дней, и что орбиты ихъ обладаютъ большимъ эксцентриситетомъ, потому что спектральныя лини остаются двойными каждыиъ разъ лишь въ теченіе короткаго сравнительно промежутка времени. Подобное же явленіе наблюдается и у  $\zeta$  Возничаго, причемъ въ этомъ случаѣ періодъ равняется всего 3,984 днямъ.

Если въ только-что разсмотрѣнномъ случаѣ положеніе орбитъ таково, что одна изъ составляющихъ при каждомъ оборотѣ покрываетъ другую, то такая пара также будетъ принадлежать къ числу переменныхъ звездъ, но легко понять, что амплитуда измененій яркости въ этомъ случаѣ будетъ заключаться въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ, чѣмъ у звезды типа Алголи. Намъ извѣстенъ уже одинъ представитель этой группы, именно звезда  $\zeta$  Лиры ( $\zeta$  198, № 90). Эта звезда интересна еще тѣмъ, что ея спектръ состоитъ изъ наложенныхъ другъ на друга спектровъ двухъ различныхъ типовъ, такъ какъ одна звезда принадлежитъ къ классу  $Ic_2$ , а другая къ классу II (§ 178).

Приведенныя здѣсь весьма важныя изслѣдованія расширили нашу взгляды на разнообразіе въ мрѣ двойныхъ звездъ, такъ какъ они показали намъ, что въ системахъ двойныхъ звездъ встрѣчаются времена обращенія отъ нѣсколькихъ столѣтій до небольшого числа дней и разстоянія между составляющими отъ чрезвычайно громадныхъ до необыкновенно близкихъ, едва поддающихся нашему пониманію.

§ 196. **Исторія открытія двойныхъ звездъ.** Еще Гевеліи и Ламбертъ знали нѣсколько двойныхъ звездъ, но они считали ихъ оптически двойными, такъ какъ по ихъ мнѣнію въ этихъ системахъ не было замѣтно никакого орбитальнаго движенія.

Йоганъ Михель впервые примѣнилъ къ звезднымъ группамъ численныя вѣроятностей и, такимъ образомъ, показалъ, что въ Плеядахъ отдѣльныя звезды должны быть связаны между собою физически (§ 185). Къ подобному же результату пришелъ и Кассини въ 1738 г. Однако, ихъ современники не обратили вниманія на эти вполне основательныя заключенія. Только Хр. Майеръ въ 1776—1778 годахъ сталъ систематически заниматься двойными звездами, въ полномъ сознаніи, что въ этой области должны быть сдѣланы неожиданныя открытія. Впрочемъ, его наблюденія не заслуживаютъ большого вниманія, такъ какъ они не соответствовали той цѣли, которая обыкновенно преслѣдуется при наблюденіи двойныхъ звездъ. Но все же первый каталогъ изъ 80 двойныхъ звездъ, помѣщенный въ «*Berliner Jahrbuch*» за 1784 г., былъ составленъ, главнымъ образомъ, на основаніи наблюденій Майера. В. Гершель, котораго можно считать настоящимъ основателемъ этого отдѣла астрономіи, началъ около 1780 года заниматься двойными звездами, придерживаясь того мнѣнія, что онѣ представляютъ двойными лишь на основаніи законовъ перспективы, и что въ действительности составляющія находятся, можетъ-быть, очень далеко одна отъ другой, но только лучи зрѣнія, идущіе отъ нихъ къ намъ, почти совпадаютъ другъ съ другомъ. Онъ некорѣ замѣтилъ, что такія звезды если его мнѣніе справедливо, могутъ служить очень хорошимъ средствомъ для опредѣленія параллакса болѣе близкой звезды на что указывали еще Галилей имѣя въ виду именно эту новѣд-

ною цель, Гершель и принялся за наблюдение двойных звезд (§ 176). Но, подобно Брайсу (часть I, § 45), Гершель не нашел того, чего искал: он не определял параллакса звезд, но зато открыл нечто другое, не менее интересное а именно движение одной звезды около другой и это открытие со всеми его последствиями должно было поразить наблюдателя не сколько не менее, чьмь обрадовало бы его исполнение первого его желания.

В 1782 г. В. Гершель опубликовал свой первый каталог, содержащий 269 красивых звезд, из которых 227 до тех пор были не известны. К 1804 году он пренаблюдал уже 846 двойных звезд, причем пользовался при измерениях особым, им изобретенным методом. Далее следует замечательный труд дерптского астронома В. Струве: «*Stellarum duplicium et multiplicium mensurae trigonometricae*», где содержится 3133 положения двойных звезд, определенных в 1824—1837 гг. при помощи рефрактора с отверстием объектива в 24,5 сантиметра. В 1840 г. в Пулков. он снова принялся за свои исследования, пользуясь установленным там рефрактором с отверстием объектива в 38 сантиметров и опять дал в высшей степени богатый материал по этой отрасли наших астрономических знаний. Данное в его новом каталоге число тесных двойных звезд (с расстоянием меньше 1') было в 25 раз больше по сравнению с каталогом В. Гершеля. В промежуток времени с 1816 до 1828 года Дж. Гершель и Д. Соугъ измерили 1059 двойных звезд. С 1834 года Дж. Гершель стал наблюдать двойные звезды на мысе Доброй Надежды и, таким образом, внес в науку весьма важный вклад, так как относительно двойных звезд южное небо до тех пор совершенно не было исследовано. В 1841 году он опубликовал шесть каталогов, которые содержат 3346 кратных звезд.

После того, как В. Струве опубликовал свой большой труд о двойных звездах, казалось, что на северном небе для будущего наблюдателя остается лишь время-от-времени повторять наблюдения звезд, занесенных в каталог Струве. Астрономы считали, что исследование северного неба произведено В. Струве столь тщательно и столь полно, что лишь в редких случаях могут быть открыты спутники у тех звезд, которые В. Струве считал простыми, в особенности после того, как в 1850 году появился Пулковский каталог 500 звезд, содержащий или раньше пропущенные, или открытые позднее, главным образом О. Струве, двойные звезды. Действительно, число двойных звезд, открытых всеми наблюдателями в течение 25 лет, следующих за этой эпохой, доходило лишь до 50, а между тем были произведены весьма важные ряды наблюдений двойных звезд английскими (Довесъ, Хиндъ, Доберкъ и т. д.), итальянскими (Дембовеки, Секки, Склапарелли) и немецкими астрономами (Шлютеръ, Энгельманъ, Ауверсъ и др.) и, кроме того, в Пулков. непрерывно и весьма усердно продолжалась работа в этой отрасли астрономии. Но значительное приращение числа двойных звезд имело место после того, как этим предметом стал заниматься в 1872 г. Бернхардъ, который в течение 20 лет открыл более 1000 новых двойных звезд, или новых спутников, в известных уже звездных парах, но большая часть открытых им пар принадлежат к весьма трудным для наблюдения небесным объектам или вследствие необыкновенной близости составляющих, или по причине слишком малой яркости спутника. Что же касается определения орбит двойных звезд, то в этой отрасли астрономии особенные заслуги принадлежат Доберку, Глазевану, Горе и в особенности Си, который с 1892 года поставил себе задачей проверку всех до сих пор определенных орбит двойных звезд, принимая во внимание новейшие наблюдения.

## ГЛАВА XVII.

### Перемѣнныя звѣзды.

§ 197. **Общая свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ** Къ числу самыхъ загадочныхъ явленій въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ относятся такъ называемыя перемѣнныя звѣзды, т.-е. такія, яркость которыхъ подвержена нѣкоторымъ измѣненіямъ. У нѣкоторыхъ звѣздъ измѣненія яркости повторяются черезъ опредѣленные промежутки времени и притомъ всегда въ одной и той же послѣдовательности, но характеръ самого измѣненія яркости для различныхъ звѣздъ весьма различенъ. У однихъ изъ перемѣнныхъ звѣздъ яркость увеличивается быстро, чѣмъ уменьшается, и наименьшую яркость звѣзда сохраняетъ въ теченіе болѣе продолжительнаго промежутка времени, чѣмъ наибольшую; у другихъ замѣчаются колебанія яркости въ ту и другую сторону, какъ, напримѣръ, у  $\beta$  Лиры, свѣтловая кривая которой представляетъ второстепенные максимумы и минимумы (§ 198, № 90), у третьихъ, какъ, напр., у Антоя (§ 198, № 13), измѣненіе яркости продолжается лишь нѣсколько часовъ около времени максимума или минимума, тогда какъ все остальное время яркость звѣзды остается постоянной и т. д. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ периодическихъ измѣненіяхъ яркости звѣзды замѣчаются различныя неправильности. Напримѣръ, иногда продолжительность періода бываетъ подвержена съ теченіемъ времени нѣкоторымъ измѣненіямъ, въ иныхъ случаяхъ звѣзды въ концѣ каждаго періода не достигаютъ одинаковой яркости какъ при максимумѣ такъ и при минимумѣ. Самые замѣчательныя примѣры этого представляютъ звѣзда  $\epsilon$  Кита (§ 198, № 10), являющаяся къ то же время первой, у которой вообще были замѣчены измѣненія яркости. Поэтому для многихъ звѣздъ очень трудно опредѣлять продолжительность періода ионата измѣненія яркости къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ измѣненія яркости, насколько мы можемъ судить объ этомъ въ настоящее время, принадлежатъ совершенно неправильно, примѣромъ чего можетъ служить  $\eta$  Арго (§ 198, № 51). Далѣе встрѣчаются и такія звѣзды, которыя лишь по временамъ становятся перемѣнными, а потому опять въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени не мѣняютъ своей яркости. Таковы, напримѣръ, звѣзды:  $\alpha$  Кассіопеи (§ 198, № 5), Бетельгезе (№ 25),  $\epsilon$  Возничьяго (№ 19) и въ особенности *P* Лебедя (№ 105) или такъ называемая Новая 1660 года которая въ XVII столѣтіи была сильно перемѣнной звѣздой, но въ 1677 году стала съ звѣздой 5-й величины безъ всякихъ дальнѣйшихъ измѣненій яркости. Въ виду того, что такъ называемыя новыя звѣзды (Novae), т.-е. такія, которыя внезапно появляются гдѣ-нибудь на небѣ и затѣмъ снова исчезаютъ черезъ нѣкоторое время существенно не отличаются отъ перемѣнныхъ звѣздъ, неправильно измѣтлочныхъ своей яркости, по почину Шенфельда, въ настоящее время ихъ постоянно приписываютъ къ этимъ послѣднимъ.

За исключеніемъ перемѣнныхъ звѣздъ типа Антоя т.-е. такихъ, у которыхъ измѣненія яркости ограничиваются лишь нѣсколькими часами около времени минимума, и которыя обыкновенно отличаются замѣчательнымъ блѣднымъ свѣтомъ, очень многи изъ остальныхъ перемѣнныхъ отличаются, по крайней мѣрѣ, во время нѣкоторыхъ фазъ измѣненія яркости, розовымъ и оранжевымъ отблесками, и эти отблески вообще бываютъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ продолжительнѣе періодъ измѣненія яркости. Поэтому долгое время такая окраска считалась признакомъ и мѣткою яркости и не одинъ разъ приводила къ открытію новыхъ перемѣнныхъ звѣздъ. Еще болѣе любопытнымъ оказалось, однако, то обстоятельство, что, исключая опять-таки звѣзды типа Антоя, большая часть перемѣнныхъ обла-

дасть совершенно особеннымъ спектромъ, именно или спектромъ типа  $Ic_2$ , или спектромъ типа III (§ 178). Поэтому надъ гъми звѣздами, которыя по спектроскопическимъ наблюдениямъ, производимымъ теперь уже на многихъ обсерваторіяхъ, обладаютъ особенными спектрами, немедленно производягь систематическія наблюдения. При этомъ, дѣйствительно, очень часто наталкиваются на переменныя звѣзды, такъ что число ихъ весьма быстро увеличивается и теперь уже достигаетъ 400.

Относительно распределенія переменныхъ звѣздъ на небѣ можно сказать то же самое, что и относительно распределенія двойныхъ звѣздъ: ихъ меньше тамъ, гдѣ вообще мало звѣздъ, и больше тамъ, гдѣ звѣздъ много, и потому онѣ чаще всего встрѣчаются около млечнаго пути. Кроме того, замѣчается еще скопленіе переменныхъ звѣздъ вдоль эклип-

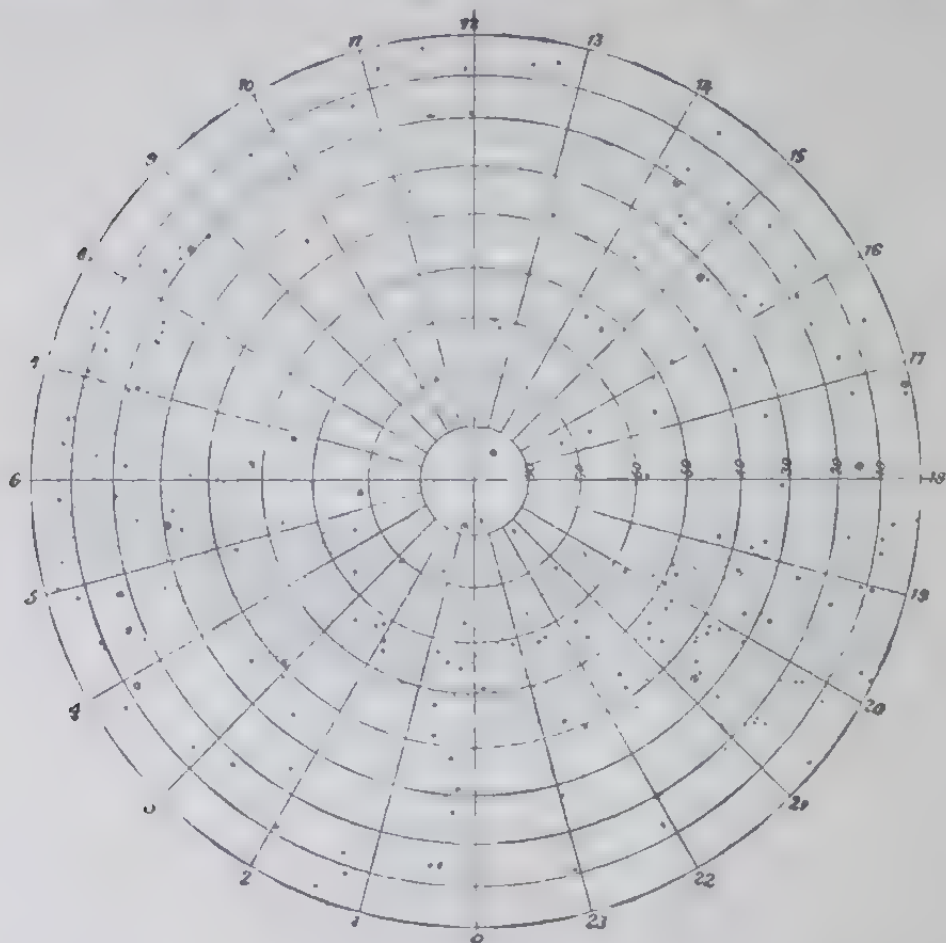


Рис. 237.

тики, но это скопленіе не болѣе какъ кажущееся и объясняется тѣмъ, что эта область неба весьма часто изслѣдовалась самымъ тщательнымъ образомъ при помощи хорошихъ телескоповъ съ цѣлью отысканія астероидовъ. И, дѣйствительно, знаменитые ловцы малыхъ планетъ открыли не мало также и переменныхъ звѣздъ; напримеръ, Уиндъ открылъ ихъ 22, Петерсъ 19, Югсонъ 14, Шаковнакъ и Генке каждаго по 4 и т. д. \* На рис. 237 и 238 представлено распределеніе переменныхъ звѣздъ на обоихъ полушаріяхъ неба, причемъ первый рисунокъ относится къ сѣверному полушарію, а второй — къ южному. На этихъ рисункахъ приняты во вниманіе все тѣ переменныя звѣзды, которыя были известны до конца 1895 года. \* Далѣе, во всякомъ случаѣ, нельзя

считать случайным то часто повторяющееся явление, что две или три переменных звезды находятся очень близко одна от другой. Так, в созвездии Южной Короны три переменных звезды (§ 198. *ММ* 93, 94, 95) составляют треугольник, стороны которого соответственно равны 8,6, 9,7, и 1,3, так что площадь его содержит 3,2 квадратных минуты и, таким образом, в 240 раз меньше площади, занимаемой на небе полной луной. В созвездии Скорпиона расстояния между тремя переменными звездами *T*, *R* и *S* (§ 198. *ММ* 71—72—73) соответственно равны 8,5, 9,7, 2,9, так что площадь образуемого ими треугольника содержит 11,9 квадратных минут, или составляет  $\frac{1}{64}$  часть площади, занимаемой на небе лунным диском. В 2,40 кв. степеней расстоянию от

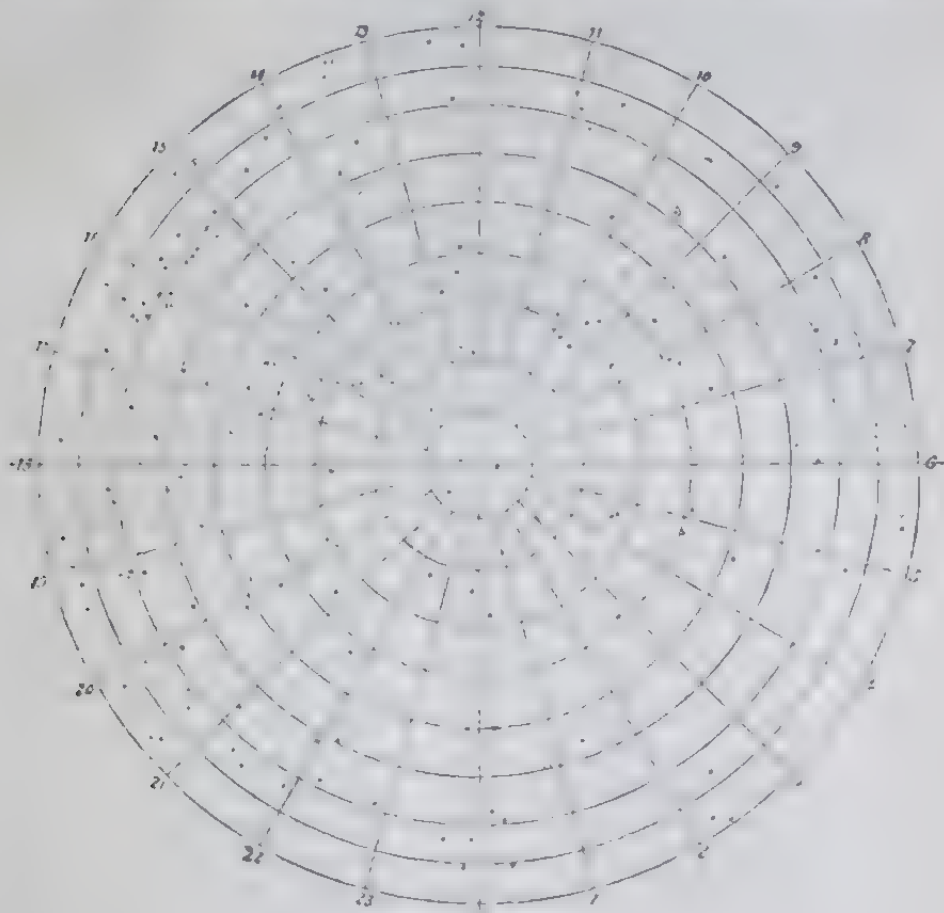


Рис. 238.

этой группы находятся еще две переменных звезды, отделенная треть от друга расстоянием в 37, что лишь немного больше видимого диаметра луны. Было бы еще от друга находятся также переменных звезды *R* и *S* Бетельзе (§ 198. *ММ* 16 и 17) и, кроме того, целый ряд других переменных, которых не помещены в нижеприведенном каталоге, но из которых некоторые упомянуты в примечаниях к каталогу.

Еще более достойна внимания та тесная связь, которая, повидимому, существует между переменными звездами с одной стороны и туманностями и звездными скоплениями с другой. Так, после 1860 года (*М* 71) появились в крайнем шарообразном звездном скоплении (§ 202), открытом еще Мессье; новая 1885 г. (*N* 6) открылась в южной половине в созвездии Андромеды; *R* Кинорола (*N* 28) составляет тот же кометоподобный скопления.

разной туманности, а находящаяся от нея на расстоянии приблизительно одного градуса звезда *S* Единорога (№ 29) представлять главную звезду большой звездной кучи Дабле. Г. Близицовъ (№ 33), а также *R* Арго (прямое восхождение —  $7^{\text{h}} 37,0^{\text{m}}$ , склонение

$31^{\circ} 26'$ ) лежатъ среди небольшихъ звездныхъ скопленій, а вблизи *T* Тельца (№ 15) находится переменная туманность (§ 214). Но этого еще мало. Переменные *R* и *T* Южной Короны (№№ 94 и 95) расположены въ западномъ и восточномъ углахъ слабой туманности, которая находится нѣсколько къ западу отъ небольшого звезднаго скопленія, къ востоку же отъ нихъ лежитъ еще *S* Южной Короны (№ 93). Здѣсь двѣ переменныя звезды связаны съ туманностью, а вся группа, состоящая изъ *T*, *R* и *S* Скорпиона представляеть примѣръ связи нѣсколькихъ переменныхъ звездъ съ звездной кучей. Это уже давно извѣстные отдѣльные случаи Пикеринга въ 1895 году дополнилъ весьма важнымъ открытіемъ, состоящимъ въ томъ, что нѣкоторыя звездныя скопленія содержатъ болѣе или менѣе значительное число переменныхъ звездъ съ короткимъ периодомъ изменения яркости объ этомъ въ высшей степени интересномъ явленіи подробнѣе мы будемъ говорить ниже (§ 214).

§ 198. **Подробнѣе свѣдѣнія о переменныхъ звездахъ.** Въ нижеприведенномъ каталогѣ перечислены всѣ тѣ переменныя звезды, которыя въ максимумѣ своей яркости достигаютъ всегда или только по временамъ 6-й величины, такъ что легко могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ. Число такихъ звездъ, насколько намъ извѣстно въ настоящее время, простирается до 72. Кроме того, мы прибавили еще цѣлый рядъ такихъ переменныхъ, которыя представляютъ особенный интересъ или благодаря характеру ихъ спектра, или благодаря ихъ взаимной близости, или по какимъ-нибудь другимъ причинамъ. Изъ 120 приведенныхъ ниже звездъ только 16 имѣютъ южное склоненіе превосходящее  $30^{\circ}$ , и потому эти звезды въ среднихъ широтахъ или совершенно невидимы, или же могутъ быть наблюдаемы лишь съ большимъ трудомъ. Эти шедя показывають, какъ не полны еще наши свѣдѣнія о переменныхъ звездахъ въ южныхъ областяхъ неба, и какое широкое поле дѣятельности въ этомъ направленіи открывается для будущихъ наблюдателей.

Второй столбецъ нашей таблицы содержитъ названія переменныхъ, причемъ надо замѣтить, что когда въ звездныхъ каталогахъ звезда не имѣетъ удобнаго обозначенія, то, по предложенію Аргеландера, передъ названіемъ соотвѣствующаго созвѣздія ставится она изъ послѣднихъ буквъ алфавита, начиная съ *R*, по порядку открытія переменныхъ звездъ. Но для нѣкоторыхъ созвѣздіи, каковы, напримеръ, Дель, Вѣсы, Лебедь, не хватаетъ буквъ алфавита начиная съ *R*, для обозначенія всѣхъ переменныхъ въ этихъ созвѣздіяхъ; въ такихъ случаяхъ, по предложенію Гартвига, прибавляють другую букву, опять начиная съ *R* и пишутъ: *RR*, *RS*, *RT* и т. д., примѣромъ чего можетъ служить звезда, помѣщенная въ каталогъ подъ № 103. Для нѣкоторыхъ новыхъ звездъ, а также для весьма немногихъ переменныхъ указано лишь созвѣздіе, гдѣ онѣ находятся, такъ какъ для нихъ еще до сихъ поръ не установлено никакого определеннаго обозначенія.

Въ третьемъ столбцѣ указаны цвѣтъ переменныхъ для тѣхъ случаевъ, гдѣ онъ установленъ безъ всякаго сомнѣнія здѣсь буквы означаютъ бѣлый, ж—желтый, о—желтокрасный или оранжевый, к—красный цвѣтъ, а звѣздочка (\*) указывають на особенную интенсивность окраски.

Въ двухъ рубрикахъ четвертаго столбца нашей таблицы указаны положенія звездъ для 1900 года.

Пятый столбецъ содержитъ периодъ полнаго измѣненія яркости гдѣ онъ точно извѣстенъ, причемъ за единицу времени приняты солнечныя сутки.

Стобцы 6 и 7 заключаютъ наибольшую и наименьшую величину яркости съ точностью до десятыхъ долей звездной величины, знакъ — показывають, что иногда звезда можетъ быть ярче величины, стоящей за этимъ знакомъ, а знакъ — означеть, что

№	Название звезды.	Цвета.	1900		Периодъ въ дни.	Яркость.		Имя открывшаго.	Годъ откр. год.
			Пр. Вост.	Скл.		Макс.	Миним.		
1	T Кита	o	0 <sup>h</sup> 16.7 <sup>m</sup>	-2 37	правильный	5.1-5.3	6.4-7.0	Чендлеръ	1881
2	T Кассиопей	к*	0 17.8	+25 14	Н 445.0	7.0 8.0	11.0-11.2	Кригеръ	1870
3	R Андромеды	o*	0 18.7	38 1	410.7	5.0 8.0	<12.8	В. Д.	1858
4	B Кассиопей	o	0 19.3	-63 35	Новая 1872	1			1872
5	a Кассиопей	o*	0 34.8	+55 59	Неправильный	2.2	2.8	Бергъ	1851
6	S Андромеды	o*	0 37.3	+40 43	Новая 1885	7	?	Гартвигъ.	1885
7	U Цефея	б*	0 53.4	+81 20	2 493	7.1	9.2	Церасид	1880
8	R Мастерской Вал- тел.	к*	1 22.4	-33 4	207.5	5.7	7.6 8.0	У. А.	1879
9	T Персея	o.	2 12.2	58 29	Неправильный	8.2	9.3	Сафариъ	1880
10	o Кита	к.	2 14.3	3 26	331.6	1.7-5.0	8-9.5	Д. Фабрициусъ.	1590
11	R Треугольника	o*	2 31.0	+33 50	262	5.8	11.7	Эвнингъ	1890
12	p Персея	б.	2 58.8	38 27	Неправильный	3.4	4.2	И. Ф. Шмидтъ	1861
13	Аголь	б*	3 1.7	-40 34	2867	2.3	3.5	Монсари	1669
14	z Тельца	o*	3 55.1	12 13	3.953	3.4	4.2	Ваксендель	1848
15	l Тельца	б.*	4 16.2	+19 18	Неправильный	9.2-11.5	12.8-13.5	Хвидъ	1861
16	R Тельца	o*	4 22.8	-9 56	325	7.4 9.0	12.8-13.5	Хвидъ	1849
17	s Тельца	ж	4 23.7	-9 43	375.5	9.5 10.0	13.5	Аудемасъ	1853
18	R Дордо	к*	4 35.6	-62 16		5.7	6.7	У. А.	1879
19	e Возничаго	б.	4 54.8	+43 40	Неправильный	3.0	4.5	И. Ф. Шмидтъ	1843
20	R Зайца	к.*	4 55.0	-14 57	436.1	6-7	8.5 (?)	И. Ф. Шмидтъ	1855
21	R Возничаго	к.	5 9.2	+53 28	400.6	6.5-7.8	12.5-12.7	В. Д.	1862
22	s Возничаго	к.	5 20.5	-34 4	Неправильный	9.1 11.0	14.5	Дюнеръ	1881
23	T Возничаго	o	5 25.6	30 22	Новая 1892	4.5		Андерсонъ	1892
24	Г Ориона	б.	5 30.9	7 32	Неправильный	9.7	13	Бондъ	1867
25	Бегемотъ	к.	5 49.8	7 23	Неправильный	1	1.4	Дж. Гершель	1840
26	o Ближнецовъ	ж.*	6 8.9	22 32	231.4	3.2	3.7 4.2	И. Ф. Шмидтъ	1865
27	Г Единорога	ж.	6 19.8	+7 8	27.004	5.8-6.4	7.4 8.2	Девелъ	1871
28	R Единорога	б.*	6 33.7	+8 49	Неправильный	9.5	13	И. Ф. Шмидтъ	1861
29	S Единорога	ж.	6 35.5	9 59	3 143	4.9	5.4	Винике	1861
30	e Ближнецовъ	ж.	6 58.2	20 13	10.154	3.7	4.0	И. Ф. Шмидтъ.	1841
31	L <sub>1</sub> Арго	к.*	7 10.5	14 29	150.50	3.5	6.3	У. А.	1879
32	R Большого Пса.	б.*	7 14.9	-15 12	1.136	5.0	6.7	Сатлеръ	1887
33	V Ближнецовъ	ж.*	7 17.6	13 17	277.0	8.2 9.1	12.0 14.0	Ваксендель	188
34	U Единорога	o*	7 26.0	-9 34	45.20	5.9 7.3	6.6 8.0	У. А.	1879
35	l Малого Пса	o*	7 35.9	+8 37	410	8.5 9.0	12.3 13.5	Ваксендель	1872
36	l Ближнецовъ	б.*	7 49.2	22 16	86.3	8.9 9.7	13.1	Хвидъ	1855
37	V Арго	б.	7 55.4	18 38	4.5	4.1	5.2	Валласъ	1885
38	R Рака	o.*	8 11.0	12 2	352.31	6.0 8.3	11.7	Шперль	1871
39	S Рака	б.	8 38.2	+19 24	9.485	8.2	9.8	Хвидъ	1848
40	T Рака	к.*	8 51.0	+20 14	482	8.0-8.5	9.3 10.5	Хвидъ	1859
41	S Воздухи. Насоса	б.*	9 27.9	28 11	0.324	6.7	7.3	Нолъ	1888
42	X Арго	ж.	9 28.2	6 36	4.25	3.4	4.4	Гульдъ	1871
43	R Арго	o.	9 29.7	62 21	311.5	4.3 5.7	9.3 10.0	У. А.	1879
44	R Малого Льва	к.	9 39.0	-31 38	370.5	6.1 7.8	13	Шенфельдъ	1863
45	R Льва	o.	9 42.2	11 34	312.90	5.2 6.7	9.1 10.0	Кохъ	1782
46	l Арго	o	9 43.1	-62 3	37	3.7	5.2	У. А.	1879
47	S Арго	o	10 1.2	61 4	148.7	5.0	9.0 9.2	У. А.	1877
48	U Льва	o	10 18.7	-34 31	96.5	6.5		Петеръ	1875
49	С Царя.	к.	10 32.5	12 52	Неправильный	4.5	6.1 6.3	У. А.	1879
50	R Больш. Медвѣд.	ж.	10 37.6	+69 18	302.1	6.0 8.2	13.2	Цогсовъ	1853
51	z Арго	o.*	10 41.2	-59 10	Неправильный	1	7.4	Буркелль	1827
52	R Чашы	к.*	10 55.6	-17 47	160	8	9	Винике	1861
53	S Льва	б.*	11 5.7	+6 0	490	9.0 10.0	13	Шакорнакъ	1871
54	l Льва	o	11 33.3	+8 56		10 (?)		Петеръ	1862
55	R Льва	б.	12 33.4	7 32	145.47	6.7 8.0	9.7-11.0	Хвидъ	1869
56	R Муш.	o	12 36.6	68 32	0.882	6.6	7.1	У. А.	1871
57	R Царя.	к.	13 24.3	22 46	125.15	3.5 5.5	9.7	Муральди	1704
58	S Льва	ж	13 27.8	-6 41	379.4	5.7 7.8	12.5	Хвидъ	1855
59	въ созв. Дель.	o	13 29.4	-12 42		5.5	6.5	И. Ф. Шмидтъ	1860
60	W Царя	к.*	13 43.4	-27 52	384	6.7	8.0	Савери	1888



№	Название звезды.	Цвѣт.	1900		Периодъ въ дняхъ.	Яркость.		Имя открывшаго.	Годъ откры- тій.	
			Пр. Вост.	Свѣ.		Макс.	Миним.			
61	T Волопаса . . . . .	.	14h 9.4m	+19° 32'	.	.	9.7	.	Баксендаль	1860
62	R Китаира . . . . .	к.	14 9.4	-59 27	160.5	6.0—6.3	8.7—9.8	6.1	У. А.	18.9
63	W Волопаса . . . . .	.	14 39.0	+26 57	Неправильный	5.2	6.1	6.2	И. Ф. Шмидтъ	1867
64	R Райской Птацы . . . . .	.	14 46.5	-76 15	.	5.5	6.2	6.2	И. Ф. Шмидтъ	1879
65	δ Висовъ . . . . .	б.	14 55.6	- 8 7	2.327	5.0	6.2	6.2	И. Ф. Шмидтъ	18.11
66	U Висовъ . . . . .	о.	15 36.2	-20 51	226.2	9	8.14	8.5	Петерсъ	1878
67	въ созв. Висовъ . . . . .	ж.	15 37.8	-10 36	120	6.5	8.5	13.0	Вейс	1878
68	R Короны . . . . .	к.	15 44.5	+28 28	Неправильный	5.8	13.0	13.0	Паготъ	1795
69	R Звѣи . . . . .	о.	15 46.1	+15 26	357.2	5.6—7.6	13	13	Гардинъ	1826
70	T Короны . . . . .	б.	15 55.3	+26 12	Новая 1866	2.0	9.5	.	.	1866
71	T Скорпиона . . . . .	.	16 11.1	-22 44	Новая 1860	7.0	<12	.	Аузерсъ	1860
72	R Скорпиона . . . . .	б.	16 11.7	-22 12	221.5	9.4—10.5	13	13	Шварцшакъ	18.63
73	S Скорпиона . . . . .	б.	16 11.7	-22 39	176.7	9.1—10.5	13	13	Шварцшакъ	18.64
74	U Скорпиона . . . . .	.	16 16.7	-17 41	.	9	.	.	Погосъ	18.63
75	V Звѣноса . . . . .	к.*	16 21.2	12 12	304	7.0—7.5	9.6—10.5	10.5	Дюаръ	18.65
76	U Геркулеса . . . . .	к.	16 21.4	19 7	403	6.6—7.8	11.4—12.7	12.7	У. А.	1860
77	g Геркулеса . . . . .	ж.	16 25.8	12 6	Неправильный	4.7—5.5	5.4—6.0	6.0	Баксендаль	18.77
78	R Малой Медвѣдицы . . . . .	ж.	16 31.3	12 28	Неправильный	8.6—9.0	10.5	10.5	Покеринъ	1881
79	S Геркулеса . . . . .	о.*	16 47.3	+15 7	307.6	5.9—7.5	11.5—13	13	В. Д.	18.69
80	въ созв. Звѣноса . . . . .	о.*	16 53.9	-12 44	.	5.5	12.5	12.5	Хиндъ	1848
81	z Геркулеса . . . . .	о.	17 10.1	-14 30	Неправильный	3.1	3.9	3.9	В. Гершель	1795
82	U Звѣноса . . . . .	б.*	17 11.5	+ 1 19	0.830	6.0	6.7	6.7	У. А.	1871
83	u Геркулеса . . . . .	о.	17 13.6	33 12	Неправильный	4.6	5.4	5.4	И. Ф. Шмидтъ	18.69
84	въ созв. Звѣноса . . . . .	.	17 24.6	-21 24	Новая 1604	>1	.	.	.	1604
85	X Стрѣльца . . . . .	б.	17 41.8	-27 48	7.012	4	6	6	И. Ф. Шмидтъ	18.66
86	W Стрѣльца . . . . .	б.	17 58.6	29 35	7.395	4.5	5.8	5.8	И. Ф. Шмидтъ	18.66
87	Y Стрѣльца . . . . .	б.	18 13.3	18 54	5.773	5.8	6.6	6.6	Салеръ	18.66
88	T Орла . . . . .	о.	18 19.9	8 47	Неправильный	8.8	10.0	10.0	Виллеке	18.69
89	R Щита Собескаго . . . . .	о.	18 42.1	- 5 49	71.1	4.7—5.7	6.0—9.0	9.0	Паготъ	1795
90	β Лыры . . . . .	б.	18 46.4	+33 15	12.908	3.4	4.5	4.5	Гудрике	1.684
91	z Павлина . . . . .	.	18 46.6	-67 21	9.102	4.0	5.5	5.5	Томе	1872
92	R Лыры . . . . .	о.	18 52.3	+43 49	46.0	4.0	4.7	4.7	Баксендаль	18.66
93	S Южи, Короны . . . . .	.	18 54.4	-37 5	.	<9.5	13.0	13.0	И. Ф. Шмидтъ	18.66
94	R Южн. Короны . . . . .	.	18 55.1	-37 6	30.6	9.7—11.5	13.2	13.2	И. Ф. Шмидтъ	18.66
95	T Южи, Короны . . . . .	.	18 55.2	-37 6	.	<9.8	18	18	И. Ф. Шмидтъ	1876
96	R Орла . . . . .	о.*	19 1.6	+ 8 5	351.0	5.9—7.4	10.9—11.5	11.5	В. Д.	1856
97	β Лебеда . . . . .	к.	19 34.1	+49 59	425.7	5.9—8.0	14	14	Погосъ	18.62
98	U Лисацы . . . . .	ж.	19 43.5	+27 4	Новая 1670	.	.	.	Антоние	1.670
99	η Лебеда . . . . .	к.*	19 46.7	32 10	106.02	4.0—6.5	13.5	13.5	Киркъ	18.66
100	γ Орла . . . . .	ж.	19 47.4	0 15	7.176	3.5	4.7	4.7	Паготъ	1.684
101	S Стрѣльц . . . . .	б.*	19 51.5	+16 22	8.383	5.6	6.4	6.4	Горе	1885
102	R Стрѣльц . . . . .	б.	20 9.5	+16 25	70.52	8.5—8.7	9.8—10.4	10.4	Баксендаль	18.99
103	RS Лебеда . . . . .	к.*	20 9.8	+38 28	Неправильный	6.8	8.3—10	10	Зелле	18.77
104	R Дельфина . . . . .	о.	20 10.1	+ 8 47	285.5	7.6—9.0	11.1—12.8	12.8	Ганнъ	18.61
105	U Лебеда . . . . .	к.	20 14.1	-37 43	Новая 1600	.	.	.	Лисонъ Блеу	1.600
106	U Лебеда . . . . .	к.*	20 16.5	+47 35	463.5	7.0—8.1	9.4—11.6	11.6	Кюгъ	1871
107	V Лебеда . . . . .	к.*	20 38.1	+47 47	418	6.8—9.5	13.5	13.5	Виринганъ	1881
108	T Лисацы . . . . .	б.*	20 47.2	+27 52	4.436	5.5	6.5	6.5	Салеръ	1885
109	Y Лебеда . . . . .	б.*	20 48.1	+34 17	2.996	7.1	7.9	7.9	Чондлеръ	18.66
110	T Павлина . . . . .	к.	21 8.2	08 5	38.83	5.2—6.8	9.5—9.9	9.9	Петерсъ	1878
111	W Лебеда . . . . .	о	21 32.2	44 36	13.88	5.0—6.3	6.1—6.7	6.7	Горе	1885
112	S Цефея . . . . .	к.*	21 36.5	+78 10	481	7.4—9.2	11.5	11.5	Генке	18.18
113	Q Лебеда . . . . .	ж.*	21 37.8	+42 23	Новая 1876	3	13.5	13.5	И. Ф. Шмидтъ	18.66
114	p Цефея . . . . .	к.*	21 40.4	+58 19	Неправильный	4	5	5	Хиндъ	1848
115	δ Цефея . . . . .	ж.	22 25.5	+57 54	5.366	3.7	4.9	4.9	Гудрике	1.784
116	ε Цефея . . . . .	ж.	22 28.9	+27 32	Неправильный	2.2	2.7	2.7	И. Ф. Шмидтъ	1847
117	R Волопаса . . . . .	о.*	23 38.7	-15 50	387.16	5.8—8.5	11	11	Гардинъ	1811
118	U Цефея . . . . .	к.	23 52.9	15 21	0.23	8.9	9.7	9.7	Чондлеръ	18.65
119	R Волопаса . . . . .	к.	23 53.3	10 50	12.0	4.8—7.0	9.7—12	12	Погосъ	18.63
120	въ созв. Персея . . . . .	.	3 24.9	+43 34	Новая 1901	1	.	.	.	1901

звезда иногда бывает слабее величины, указанной в таблицѣ. Необходимо замѣтить, что для телескоповъ, при помощи которыхъ обыкновенно производятъ наблюдения надъ переменными, а именно для рефракторовъ съ огверетіемъ объектива отъ 16 до 20 сантиметровъ, 13-я величина представляетъ предѣлъ видимости. Такъ какъ, даѣе, согласно съ предыдущимъ, во время максимумовъ или минимумовъ для некоторыхъ звездъ яркость не всегда бываетъ одна и та же, то для подобныхъ случаевъ въ таблицѣ указаны предѣлы, между которыми заключается яркость въ этихъ случаяхъ.

Въ предисловіи столбцѣ именъ таблицы указано имя астронома, открывшаго переменную звезду, но только въ тѣхъ случаяхъ, когда оно извѣстно съ полною определенностью, а не въ тѣхъ, когда звезда при открытіи достигала значительной яркости и была видима всеми, или когда открытіе явилось результатомъ соединенныхъ усилій какъ, напримеръ, при боннскихъ наблюденияхъ (Bonner Durchmusterung) и аргентинскихъ измѣреніяхъ (Uranometria Argentina). Въ этихъ случаяхъ въ столбцѣ стоятъ соответственно буквы В. Д. или С. А. Что касается времени открытія, то здѣсь приведенъ тотъ годъ, когда авторъ впервые опубликовалъ свое открытіе, поэтому для тѣхъ переменныхъ звездъ, которыя взяты изъ «Uranometria Argentina» указанъ годъ изданія этого сочиненія (1879), если только въ этомъ сочиненіи не приведены болѣе точныя данныя относительно ихъ открытія. Что касается источниковъ, по которымъ составлена наша таблица, то за основаніе приняты каталогъ переменныхъ звездъ Чендлера, напечатанный въ 13-мъ томѣ (1893) издаваннаго Гульдомъ журнала «Astronomical Journal», а слѣдующія за таблицей замѣчанія относительно отдельныхъ звездъ составлены отчасти по второму каталогу переменныхъ звездъ Шеффельда, отчасти по оригинальнымъ статьямъ.

Въ дополненіе къ даннымъ этой таблицы мы приведемъ еще слѣдующія свѣдѣнія объ отдельныхъ звездахъ.

1. *T Кита*. По временамъ она правильно вмѣняетъ въ свой блескъ, причемъ періодъ равенъ отъ 60 до 70 дней, иногда же ее яркость мѣняется совершенно неправильно.

2. *Г Кассіопеи*. Эта звезда отличается замѣчательнымъ краснымъ цвѣтомъ.

3. *R Андромеды*. Въ измѣненіяхъ яркости замѣчаются значительныя периодическія неравенства.

4. *B Кассіопеи*. Знаменитая новая звезда, описанная датскимъ астрономомъ Тихо Браге. Невѣримо ее замѣтить, повидимому, Вольфгантъ Шудеръ въ Виттенбергѣ утромъ 6 ноября 1572 г.; затѣмъ 7 ноября ее видѣлъ В. Липдауеръ въ Виттердурѣ. Тихо увидѣлъ ее только 11 ноября; идя ночью изъ своей химической лабораторіи по двору своего дома на обсерваторію онъ замѣнилъ звезду, которая во всемъ была похожа на остальные звезды, но сіяла и мерцала гораздо сильнѣе, чѣмъ звезды первой величины. Дѣйствительно, она была ярче Сиріуса, Веги и Юпитера, и по блеску ее можно было сравнить только съ Венераю во время ея наибольшей яркости, и при особенной прозрачности воздуха она была видна даже въ полдень. Глосительно изумивъ разстоянія ея отъ окружающихъ звездъ во все время ея видимости, Тихо убѣдился, что это была неподвижная звезда. Въ декабрѣ 1572 г. ея блескъ сталъ уменьшаться, и звезда по яркости сдѣлалась равной Юпитеру; въ январѣ 1573 г. она была уже слабѣе Юпитера. Дальнѣйшія оцѣнки яркости новой звезды показали, что въ февралѣ и мартѣ она была звездой первой величины, въ апрѣлѣ и маѣ — второй, въ июлѣ и августѣ — третьей, въ октябрѣ и ноябрѣ — четвертой. Съ декабря 1573 г. до февраля 1574 г. она изъ звезды пятой величины обратилась въ звезду шестой величины. Въ слѣдующемъ мѣсяцѣ она уже исчезла для невооруженнаго глаза, причемъ всего она была видима, такимъ образомъ, 17 мѣсяцевъ. Съ тѣхъ поръ ее болѣе не видѣли. Когда эта звезда только появлялась, ее цвѣтъ былъ ослѣпительно бѣлымъ, въ январѣ 1573 г. онъ уже не былъ такъ ослѣпительнымъ и сдѣлался желтоватымъ. Еще черезъ нѣсколько мѣсяцевъ звезда приняла красныя

оглянокъ и получила, такимъ образомъ, сходство съ Марсомъ или Альдебараномъ, а въ началѣ 1574 года, за два или три мѣсяца до совершеннаго исчезновенія, она сдѣлалась уже сѣрой или свицовой, на подобіе Сатурна. По мнѣнію Гудрике новыя звѣзды 245 и 1264 годовъ, о которыхъ упоминаетъ Леовинцій, тождественны со звѣздой 1572 г., и потому онъ полагаетъ, что эта звѣзда обладаетъ періодомъ измѣненія яркости, равнымъ 150 или 300 годамъ. Однако, первыя два появленія слишкомъ не-достоверны, чтобы на нихъ можно было основывать такое утвержденіе. Еще болѣе сомнительными являются предположенія Кардона, Хладни и Клинкерфюса, что эта звѣзда тождественна съ библѣической звѣздой волавоу.

Но такъ какъ, допуская тождественность этихъ трехъ звѣздъ, съ 1880 г. можно было каждую минуту ожидать ея новаго появленія, то Аргеландеръ въ 1864 г. опубликовалъ приведенія измѣренныхъ Тихо-Браге расстояній отъ этой звѣзды до другихъ сошедшихъ и на основаніи этихъ приведеній вычислилъ вѣроятнѣйшее положеніе звѣзды которое и дано въ предыдущей таблицѣ.

Кромѣ того, ДАрре при помощи копенгагенскаго рефрактора составилъ карту довольно значительной области вокругъ этого вѣроятнѣйшаго положенія звѣзды Тихо-Браге, причемъ онъ вносилъ на карту самыя слабыя звѣздочки, какія только можно было различить, чтобы, такимъ образомъ, легче было слѣдить за этой частью неба и чтобы бы-стрѣе можно было замѣтить перемены, если бы таковыя произошли. Во время этой работы приблизительно на томъ мѣстѣ, гдѣ по Аргеландеру должна находиться звѣзда Тихо-Браге, а именно всего въ 49' отъ вѣроятнѣйшаго ея положенія, онъ замѣтилъ звѣздочку 10-ой—11-ой величины, которой при прежнихъ обзораніяхъ неба не видѣли ни въ Абб., ни въ Боуль. Въ 1873 году Хиндъ и Палуммерт замѣтили, какъ они показываютъ, слѣды измѣненія ея яркости, но колебл. или во всякомъ случаѣ не превышали одной звѣздной величины.

5.  $\alpha$  Кассіопеи. Звѣздная величина этой красноватой звѣзды во время максимума и минимума яркости рѣдко достигаетъ указанныхъ въ таблицѣ предѣловъ, и по большей части измѣненія ея яркости лежатъ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденій.

6.  $\delta$  Андромеды. Эта новая звѣзда, по показаніямъ Макса Вольфа, затерялась между 16 и 25 августа 1885 года около яркаго центрально свѣтового узла въ большой туманности въ созвѣздіи Андромеды. Первыми опредѣленными свѣдѣніями относительно этой звѣзды мы обязаны барону фонъ-Шинсеецу, который замѣтилъ ее вечеромъ 30 августа. Сначала она обладала красноватымъ цвѣтомъ, и такъ какъ ея яркость достигала 6 или 7 величины, то она своимъ блескомъ загладила принадлежанія части туманности, и это обстоятельство настолько имѣяло видъ всей туманности, что многие наблюдатели и подозрѣли значительныя измѣненія въ этой послѣдней. Но туманность скоро приняла опять свой прежній видъ, такъ какъ яркость звѣзды быстро уменьшилась, и уже въ началѣ 1886 года, послѣ различныхъ колебаній въ силѣ свѣта, звѣзда опять совершенно исчезла. Спектръ звѣзды во все время, пока за нимъ можно было слѣдить, оставался непрерывнымъ, и только Фогель полагаетъ, что иногда ему удавалось замѣтить свѣтлая линія въ особенно интенсивныхъ красной и желтой частяхъ.

7.  $\zeta$  Цефея. Значительныя измѣненія яркости этой звѣзды, замѣченныя впервые Ольтгенемъ при обработкѣ наблюденій, произведенныхъ Швердомъ въ 1827 и 1828 годахъ, уже тогда не оставили почти никакого сомнѣнія относительно того, что звѣзда принадлежитъ къ числу переменныхъ, но съ полною достоверностью измѣнчивость яркости этой звѣзды была установлена послѣ того, какъ Цераскій началъ производить надъ нею систематическія наблюденія. Періодъ измѣненій яркости этой звѣзды равенъ 10 часамъ, и звѣзда принадлежитъ къ типу Анюля; ея яркость увеличивается быстро, чѣмъ уменьшается, причемъ во время минимума въ теченіе 2 часовъ она остается безъ

изменений, и только после этого сила света снова начинает возрастать. По Кипсу некоторые из соседних звезд тоже переменны.

8. *R* Мастерской Ваятели. По Гудду это одна из самых яркочерных звезд небесного свода.

9. *T* Персея. По Сафарик у некоторых из окружающих звезд тоже красноватая и, по видимому, переменная.

10.  $\alpha$  Кита. Это первая по времени открытия переменная звезда. Гевеллий назвал ее «Удиковиной». Из всех систематически наблюдавшихся переменных звезд она представляет наиболее значительные колебания яркости. Еще Гольварта и Буто (Boulland) во второй половине XVII столетия нашли период изменения яркости равным 333 дням; однако, он часто подвергается значительным колебаниям. \* Сплюванная кривая этой звезды, графически представляющая изменения ее яркости, изображена на рис. 239. \*

13.  $\beta$  Персея или Алголь. Это вторая по времени открытия переменная звезда. Еще в 1667 и 1669 годах Монтавари и Маральди заметили изменение ее яркости, но только Гудрике в 1782 году открыл периодичность этих изменений, на что почти одновременно с ним указал также известный астроном-любитель из Дрездена Шлицих, тот самый, который в 1759 году на днях раньше всех астрономов Европы увидел комету Галлея. Период изменения яркости этой звезды был определен сравнительно так поздно потому, что ее яркость увеличивается и уменьшается не постепенно, как у большей части переменных, но в течение 2-х дней и 12 часов Алголь остается без всяких изменений звездой 2,2 величины, а затем в течение 9 часов его яркость быстро уменьшается и доходит до 4-й величины.

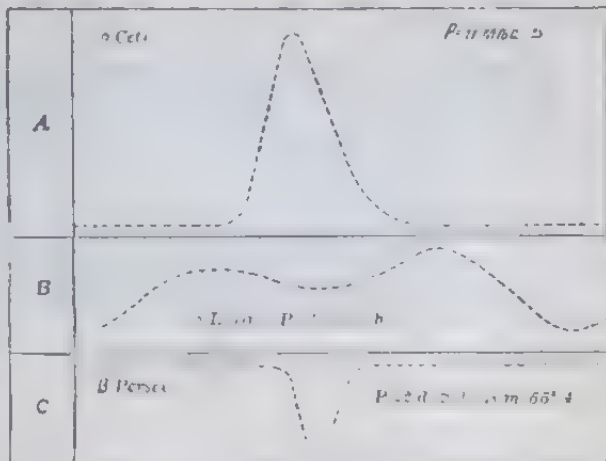


Рис. 239.

Уменьшение и увеличение яркости происходят не совсем равномерно, но вблизи минимума яркость меняется быстрее всего, благодаря чему весьма точно до 10 или 15 минут можно определить эпоху наименьшей яркости. Замечательно еще то, что яркость звезды сначала увеличивается приблизительно в течение часа, затем почти столько же времени остается без изменений и только уже после этого снова начинает возрастать. \* Сплюванная кривая, изображающая графически изменения яркости Алголя, представлена на рис. 239. \* По определению Вурма в 1822 г. период Алголя равнялся 2 дням 20 часам 48 мин. 58,5 сек. и, как заметил еще Арделандеръ, пользуясь этой величиной периода, можно удовлетворительно представить все наблюдения до 1832 года, но с 1840 года замечается постоянная разность между вычислениями и наблюдениями, которая в 1854 году достигла уже 2,5 часов, так что нельзя более сомневаться в том, что продолжительность периода с течением времени изменилась. Чендлер в результате своих весьма полных исследований нашел, что период изменений яркости, равный во времена Гудрике (около 1783 года) 2 дн 20 час 48 мин 58,5 сек., к концу столетия увеличился приблизительно на 2 сек.; к 1808 году он снова уменьшился на 3", после чего, изменяясь неравномерно, он к 1830 году достиг той величины, которую имел в конце предыдущего столетия. Вскоре после этого началось опять быстрое умень-

гане перода, приблизительно на 0,5 сек. в год, такъ что къ 1843 году онъ уменьшился почти вдвое, съмъ на  $5'$ . Затѣмъ увеличеніе перода пошло медленнѣе, и не такъ рѣзко, и въ 1858 году онъ уменьшился еще на 1 сек. Съ 1858 до 1866 года продолжительность перода опять увеличилась приблизительно на 15 сек. съ тѣмъ, чтобы къ 1877 году снова уменьшиться до 2 дн. 20 час. 48 мин. 51,1 сек. Эта послѣдняя величина сохраняется почти безъ всякихъ измѣненій и до сихъ поръ. Эти колебанія перода измѣненія яркости Чендлеръ объясняетъ совмѣстнымъ вліяніемъ трехъ периодическихъ неравенствъ, изъ которыхъ первое, самое значительное, имѣетъ перодомъ 130, второе—38 и третье—17 дѣтъ.

Еще Гудриксъ сдѣлалъ предположеніе, что измѣненія яркости Алголя происходятъ вследствие того, что часть его свѣта задерживается обращающимися около этой звѣзды темными спутниками (рис. 240), но только въ наши дни такое объясненіе было научно обосновано Пайерлингомъ, а Фотель, кромѣ того, доказалъ справедливость таков гипотезы спектроскопическими наблюденіями. Дочка Чендлеръ старается объяснить главное изъ упомянутыхъ выше периодическихъ неравенствъ въ продолжительности перода измѣненія яркости существованіемъ еще семнати центральнаго тѣла, вокругъ котораго обращается сама Алголь съ своимъ темнымъ спутникомъ по до замѣчанію Гисъ также это явленіе можетъ зависѣть также отъ того, что главная звѣзда имѣетъ некоторое сжатіе, а темный спутникъ движется по эллиптической орбитѣ, и для объясненія упомянутого неравенства достаточно, чтобы эксцентриситетъ орбиты былъ равенъ  $\frac{1}{8}$ , а сжатіе главной звѣзды  $\frac{1}{298}$ .

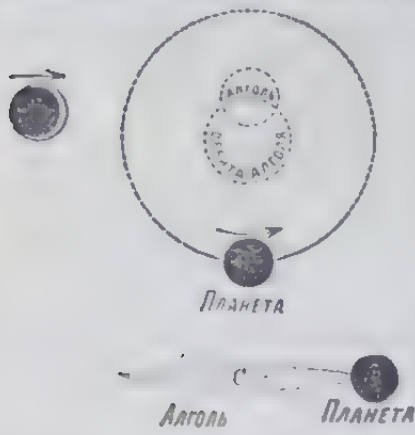


Рис. 240.

орбиты этой звѣзды, увидѣть названъ ее «Stimson star» (красновидной звѣздой).

21. *B* Возничато. При уменьшеніи яркости этой звѣзды обнаруженъ рѣзкое явленіе, состоящее въ томъ, что за два, а иногда и за четыре мѣсяца до максимума звѣзда, достигнувъ приблизительно убитой величины, въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени сохраняетъ эту яркость неизмѣнной. Кромѣ того, возрастаніе яркости происходитъ доводъ четвертью мѣсяца болѣе. Подобнобное же явленіе сталъ и у перемѣнной звѣзды *T* Близнецовъ ( $AR = 7^h 43,3^m$ ,  $D = +23^\circ 59'$ ).

22. *S* Возничато. Спектръ этой звѣзды относится къ типу III *b*.

23. *I* Роговато. Первое открытіе этой звѣзды было сделано Ф. Андерсономъ, который замѣтилъ ее въ телескопъ, во время взростности, еще утромъ 23 января 1892 года и въ вечеръ неоднократно и слѣдилъ за ней, а также слѣдуя за нею, принимая ее за собственную звѣзду 26 Возничато, но, наконецъ, 30 января онъ не замѣтилъ своей звѣзды и дообъявилъ, что передъ нимъ новая звѣзда. Какъ только это стало извѣстнымъ, фиксировать арсиривать еще разъ тщательное наблюданіе многочисленныхъ фотографическихъ снимковъ этой области неба, полученныхъ на обсерваторіи Гирардского Коллежа и пришедъ въ слѣдующимъ интереснымъ заключеніемъ относительно первоначальной истории этой звѣзды. Изъ 18 снимковъ, снятыхъ въ 3 ноября 1891 года до 2 ноября 1891 года и содержащихъ звѣзду до 11 и включительно включительно, нѣтъ никакихъ слѣдовъ новой

14.  $\lambda$  Тельца. Звѣзда типа Алголя. Продолжительность измѣненій яркости въ этомъ случаѣ ограничивается 10-тью часами.

15. *T* Тельца. Эта звѣзда была открыта почти одновременно Хиндомъ, Ауверсомъ и Шакурникомъ. Въ виду того находится перемѣнная туманность (§ 214).

20. *R* Зайца. Възростіе замѣчательной

звезды, къ 1 декабря было получено еще несколько пластинок, на которыхъ замечательны только звезды до 6-ой величины, но новой и на этихъ пластинкахъ нѣтъ. Въ первый разъ она появляется на фотографической пластинкѣ 10 декабря 1891 г. какъ звезда 5,4 величины, къ 18 декабря яркость ея увеличилась до 4,4 величины, а затѣмъ снова стала уменьшаться, и 20 января новая была 5,2 величины; несколько дней спустя послѣ этого, т. е. тогда, когда прошло болѣе мѣсяца послѣ максимума яркости новой звезды, Андерсонъ замѣтилъ ее невооруженнымъ глазомъ. Затѣмъ яркость, послѣ нѣсколькихъ колебаній то въ ту, то въ другую сторону, стала быстро уменьшаться, и 26 апреля звезда исчезла даже для огромнаго рефрактора Ликейской обсерватори. 17 августа она снова появилась, но теперь уже въ видѣ туманообразной звезды 10—11-ой величины, такъ что, если бы первое ея появленіе не было замѣчено, то теперь ее можно было бы принять за планетарную туманность. Съ измѣненіемъ вида самой звезды измѣнился и видъ ея спектра. При первомъ появленіи звезды ея спектръ (рис. 241) на первый взглядъ очень походитъ на спектръ другихъ, ранѣе появлявшихся, новыхъ звездъ, въ особенности на спектръ новой 1876 года въ созвѣздіи Лебеди (№ 113). Но при измѣреніи фотографическихъ снимковъ оказалось, что здѣсь мы имѣемъ дѣло со сложнымъ спектромъ, подобнымъ тому, который наблюдается у многихъ другихъ переменныхъ звездъ (§ 195). Но изслѣдованіемъ Фотеля, онъ состоятъ изъ двухъ непрерывныхъ спектровъ, въ которыхъ одна часть прѣдставляетъ

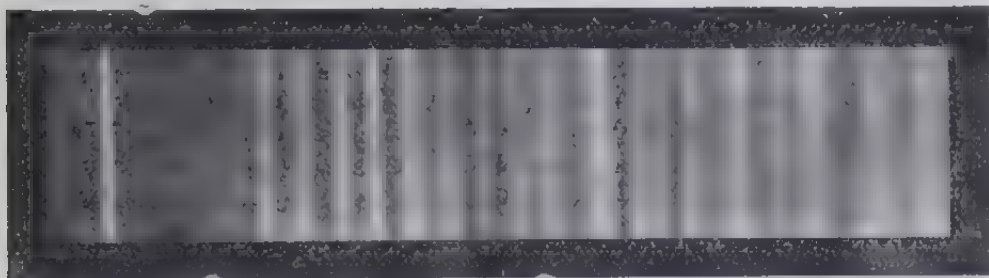


Рис. 241.

многочисленныя свѣтлыя линіи, а другой — темная (ср. № 70); но въ спектре Фотеля, на основаніи нѣкоторыхъ сложныхъ явленій можно заключить, что въ данномъ случаѣ даже три спектра были наложены другъ на друга. При второмъ появленіи звезды ея спектръ состоятъ просто изъ отдельныхъ свѣтлыхъ линій или изъ цѣлыхъ группъ такихъ линій и отличался отъ спектра туманности, по изслѣдованіямъ Кемпбелла, не болѣе, чѣмъ вообще отличается другъ отъ друга спектры различныхъ туманностей.

Но наблюдѣвшіеся въ срединѣ февраля 1892 года смѣщенія (§ 183) темныхъ и свѣтлыхъ линій налегающихъ другъ на друга спектровъ Фотеля доказывали, что матерія, которая дала спектръ съ такими линіями, летитъ къ землѣ по направленію луча зрѣнія съ колоссальной скоростью въ 670 км. въ сек., а матерія, дававшая свѣтлыя линіи, удалялась отъ земли на 480 км. въ сек. Во время второго появленія звезды, наблюденія Кемпбелла, произведенныя въ началѣ сентября 1892 года, обнаруживали еще приближеніе туманности къ землѣ со скоростью 300 км. въ сек., въ февралѣ 1893 года скорость уменьшилась почти до нуля, а въ сентябрѣ 1893 г. она снова возросла до 90 км. въ сек.

Съ августа 1892 года яркость звезды еще неоднократно подвергалась неправильнымъ колебаніямъ, причемъ, напр. въ 1895 году она снова достигла 10-ой величины.

24. *T* Орiona. Изъ многихъ, по всей вѣроятности, также переменныхъ звездъ въ туманности Орiona эта звезда обладаетъ наиболѣе значительными колебаніями яркости.

которая была весьма точно изучена Шмидтомъ. На  $0.5^{\circ}$  къ югу и  $0.7^{\circ}$  къ сѣверо-западу отъ нея находятся другія переменныя.

28. *R* Единорога. Эта звезда находится въ головѣ свѣлой кометообразной туманности.

29. *S* Единорога — 15 Единорога, по обозначенію Флемстедта. Это блѣдная звезда широкаго разбросанной звездной кучи она имѣетъ двухъ спутниковъ 9-ой и 11—12-ой величинъ на разстояніи  $2.8^{\circ}$  и  $16^{\circ}$ .

30.  $\xi$  Близнецовъ. Еще Вурмъ въ 1785 г. замѣривалъ, что эта звезда переменна.

31.  $L_2$  Арго. Во время максимума яркости звезда имѣется весьма блѣдно-красной цвѣтъ особенно бросается въ глаза во время слабыхъ фазъ. Въ  $13^{\circ}$  къ западу и въ  $3.2^{\circ}$  къ югу лежитъ звезда  $L_1$  Арго, тоже, по видимому, переменная.

32. *H* Большаго Пса. Эта звезда принадлежитъ къ звѣздамъ типа Алгоза. Измѣненія яркости продолжаютъ въ теченіи 5 часовъ.

33.  $\gamma$  Близнецовъ делится въ срединѣ маленькой группы, состоящей изъ 7—8 звездъ.

35.  $\gamma$  Малаго Пса. Эта звезда отличается, по изслѣдованіямъ Фотеля, очень интереснымъ и весьма характернымъ пояснымъ спектромъ, въ которомъ болѣе предоминируетъ чемъ elsewhere сильно поглощены, что на первый взглядъ получается впечатлѣніе, будто мы имѣемъ лишь половину спектра. Впрочемъ, въ очень слабыхъ толубон и фотетовой спектрахъ все же можно замѣтить три широкаго темныя пояса. Многія другія, хотя и не такъ широкаго пояса, извѣстны, по видимому, въ желтомъ, желтомъ и красномъ частяхъ спектра; однако, точно опредѣлить положеніе этихъ полосъ нельзя, такъ какъ весь спектр слишкомъ слабъ. Подобнымъ характеромъ, но только не въ столь рѣзкой формѣ, отличается и спектр одной изъ звездъ, находящейся нѣсколько къ западу. Около этой звезды въ  $6.5^{\circ}$  къ востоку и въ  $1.6^{\circ}$  къ сѣверу Шмидтъ 1 апрѣля 1879 года замѣтилъ еще одну звездошку 9-ой величины которая по Баккенделю, исчисляла уже черезъ часъ послѣ того, какъ была замѣчена, и съ сѣверъ вѣрь ее, кажется, видѣть болѣе не удалось.

36.  $\gamma$  Близнецовъ—звезда, являющаяся въ теченіи хъ звѣздъ. Въ теченіи весьма продолжительнаго времени она отличается наименьшею яркостью, затѣмъ ее яркость часто съ удивительной быстротой увеличивается до максимума и затѣмъ въ теченіи 5—10 часовъ снова уменьшается до минимума. Продолжительность періода между этихъ измѣненій колеблется отъ 2 до 3 мѣсяцевъ. На той же параллели въ  $18^{\circ}$  къ востоку Виннидже открылъ другую переменную.

39. *S* Рака. Эта звезда опять принадлежитъ къ типу Алгоза; продолжительность періода составляетъ 21,5 часовъ, причемъ 8,5 часовъ приходится на уменьшеніе и 13 часовъ—на увеличеніе яркости.

43. *R* Арго. Максимальную яркость звезда сохраняетъ въ теченіи весьма короткаго промежутка времени; красноватый оттѣнокъ особенно замѣтенъ во время минимума.

48.  $\epsilon$  Лева въ «Voyage Durchmusterung» Артеллиера отмѣчена какъ звезда 9,5 величины по отношеніямъ Петерса, въ началѣ 1873 г. она была 11-ой величины, 30 декабря 1873 г. она перестала быть видимой.

51.  $\eta$  Арго—очень интересная звезда. Еще Галлей, во время своего пребыванія на яркость Си Елены въ 1677 году, замѣтилъ переменность многихъ звездъ, находящихся въ созвѣздіи Корветъ Арго, но при совершенно точныхъ отбояхъ яркости этихъ звездъ, онъ счелъ страннымъ ни въ какомъ определенномъ результатѣ. Но сто оцѣнкѣ  $\eta$  Арго была звездой 4-ой величины. Лаккаль въ 1751 г. нашелъ, что она была 2-ой величины. Но послѣ этого ее яркость снова уменьшилась, такъ какъ, по оцѣнкѣ Бурхелля, отъ 1811 до 1815 г. она была, какъ и по наблюдѣніямъ Галлея, 4-ой величины. Фалловъ въ 1822 до 1828 года считалъ ее звездой 2-ой величины, а Бурхелль въ апрѣлѣ 1827 г. еще разъ, что она была первой величины и равнялась по яркости звездѣ

з Креста; через год после этого она опять становится 4-ой или 5-ой звездой и эту яркость сохранила до 1837 года. В декабре же 1837 года Д. Гершель написал, что она по своей яркости почти равнялась з Центавра и во всяком случае превосходила все звезды первой величины за исключением Сириуса и Канопуса. 2 января 1838 года, она достигла максимума своей яркости, но вскоре после этого стала слабее Арктура и до марта 1843 года, несмотря на постоянное уменьшение яркости, оставалась звездой первой величины. В апреле 1843 года ее яркость опять настолько увеличилась, что по наблюдениям Маака и в Килькунте в Мексике и в Мельбурне в Доброй Надежде, она опять почти сравнялась с Сириусом. В таком положении она оставалась до начала 1850 года, когда Гилдессе, во время своего путешествия в Чили, пишет, ее яркость равной яркости Канопуса. После этого ее яркость снова стала убывать и до Похлеста, в 1850 г. она достигла 3-ей, а в 1861 году 4,3-й величины — такую же яркость причисляет ее Кристиан Якоб в 1862 году, во время своих наблюдений в пути, при возвращении из Чили в Европу. В 1867 году она стала еще слабее — достигла 4-й величины, а с 1871 до 1878 года ее величина уменьшилась с 6,5 до 7,4. Эта звезда расположена среди большой тучности звезд, но в большинстве из которых, сама представлять изменения (§ 213) кроме того, были еще и другие еще несколько других переменных звезд и, между прочим  $T$  Арктур (амплитуда  $\approx 10^{\circ} 51,3'$ , склон.  $\approx -59^{\circ} 54'$ ).

52. *R* Чили. Дж. Гершель эту звезду называл *starlet*, almost Hood colour (бардовая, почти кровавого цвета).

53. *S* Льва принадлежит к числу немногих переменных, у которых яркость увеличивается медленно, а затем уменьшается.

54. *T* Льва. В 1863 году была величина 7, в начале 1865 года ее можно было наблюдать с 1866 года она снова исчезла, и только существовать благодаря уверениям, что она, может-быть, появилась в феврале 1874 года.

55. *R* Муш. Это первая переменная звезда, открытая астрономическими наблюдениями с целью исследования *Astrometria Argentinae*. Во время максимума своей яркости она находится на границе звезд как раз на границе между 1-ой и 2-ой звездой, иногда 1-я, иногда 2-ая звезда. Полный период изменения яркости составляет 21 час 10 минут, из которых 13,5 часов приходится на ее уменьшение и только 7,7 на увеличение.

56. *R* Иоры. Эту звезду, по крайней мере, наблюдать еще Гершель в апреле 1662 г. и причислил ее к звездам 6-ой величины, а в апреле 1672 г. Монтекари считал ее звездой 4-ой величины. Продолжительность периода для этой звезды, во всяком случае, уменьшилась с тех пор, как начали ее систематически наблюдать. Продолжительно, по изысканиям Чендлера, период ее был равен за промежуток времени с 1662 до 1704 года (от Гершеля до Маршалли) по всем наблюдениям 521,4 дням в эпоху Маршалли (1704—1712) он составил 395 дней, с 1708 до 1784 года (от Маршалли до Инггеса) он равен 502,6 дням, а с 1784 до 1877 года он уменьшился с 485,5 до 436,2 дней — причем это уменьшение происходило равномерно, если не брать во внимание на некоторый периодически неправильное.

57. Безименная звезда в созвездии Льва. Предположение об ее переменности впервые было высказано Г. Ф. Шварцом в 1866 году по особенный интерес эта звезда представляет потому, что ее наблюдать, по крайней мере, еще Штудемен.

58. *T* Волоса. С 9 по 23 апреля 1860 года яркость ее от 9,7 величины уменьшилась настолько, что звезда могла быть видима, и до сих пор не было



замечено никаких ее следов. Впрочем, это была новая звезда, открытая незадолго ее исчезновения.

62. *W* Центавра. Ее светло-красная цветъ была замечена еще Дж. Гершелемъ.

65.  $\zeta$  Висель. Звезда принадлежит къ типу Аннолы; периодъ изменения яркости составляетъ 12 часовъ.

66. *V* Висель. На томъ же параллели въ 2,8 минутыъ передъ нею и въ 4,5 минутъ послѣ нея находится еще двѣ переменныя звезды, именно *X* и *Z* Висель, открытыя также Петерсомъ.

67. Безименная звезда въ созвездии Висель. Въ  $1^{\text{м}}$   $5'$  къ западу и въ  $13'$  къ югу отъ нея находится двойная звезда, у которой, какъ предполагали еще В. Струве, по крайней мѣрѣ, одна изъ составляющихъ переменная.

68. *R* Коронн. Измѣненія ея яркости въ высшей степени неурядивы. Почти на томъ же кругѣ склоненія и только на 7 дюймовъ Г. Ф. Шмидтъ открылъ другую переменную звезду.

70. *I* Коронн. Эта замѣчательная звезда, отмѣченная еще въ *Bonnet Dutch*-стипдъ, какъ звезда 9,5 величины, въ май 1866 года вдругъ увеличилась въ яркости и сравнялась по своему блеску съ  $\alpha$  Коронн (Аеммон), т. е. достигла 2-ой величины. Перезла точная излобченія  $\delta$ . — съдвину 12 ми Бирмингемомъ въ Гуамъ въ Франци и Ф. Губбаромъ въ Вашингтонъ на слѣдующую ночь ее замѣтили Шмидтъ въ Аризонѣ и Курбобайсь въ Роуфорѣ, а съ 14 мая она наблюдалась уже повсемѣстно.

Баркеръ утверждалъ даже, что еще 4 мая онъ наблюдалъ въ Лондонѣ (въ Западной Канадѣ) увеличение яркости этой звезды и что, кромѣ того, видѣлъ ее невооруженнымъ глазомъ весной 1864 или 1865 года; однако, Шмидтъ, Баксевердъ и Курбобайсь,

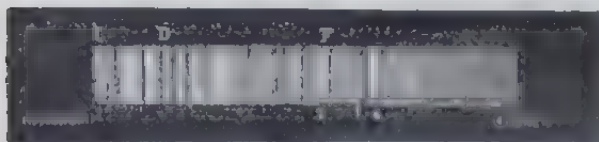


Рис. 242.

лучше знаютъ мою область нова, рѣзительно опровергли то. Уже 13 мая яркость звезды значительно уменьшилась, а 20 мая звезда сдѣлалась телескопической, т. е. стала слабѣе 6-ой величины, и съ тѣхъ поръ, судя по наблюдениямъ Шмидта, простиравющимся до конца 1882 г., яркость ея уменьшалась, вообще говоря, непрерывно, хотя и очень медленно, причѣмъ она сдѣлалась слабою переменной звездой съ весьма продолжительнымъ периодомъ. Эта звезда во время своей величайши казалась Баксевердѣ желтой, подчеркнutoй голубоватой дымкой. Гуттенисъ 16 мая, въ первый день своихъ наблюдений, нашелъ, что звезда была окружена слабой туманностью, слѣды которой онъ видѣлъ еще 17 мая. При помощи спектроскопа, Гуттенисъ обнаружилъ, что свѣтъ этой звезды исходилъ отъ двухъ источниковъ, такъ какъ онъ ясно видѣлъ двѣ, положенныя другъ на друга спектральныя линии 242, оцѣнивъ ихъ какъ такого же характера, какъ и спектръ солнца и proceeding, следовательно, отъ двухъ, веруемыхъ раскаленнымъ твердымъ тѣломъ или жидкой фотосферой, которая въ томъ же мѣстѣ окружена по толщину средней болѣе горячей температурой, другой спектръ принадлежалъ раскаленному газу, видъ какъ состоялъ изъ свѣтлыхъ линий. Что этотъ послѣдній спектръ не принадлежалъ вышеупомянутой туманности, было уже явнымъ, во-первыхъ, яркость свѣтлыхъ линий, а, во вторыхъ, такъ и то обстоятельство, что эти линии не выходили за предѣлы непрерывнаго спектра. Положеніе линии тогда было то, что свѣтъ ея составлялъ, главнымъ образомъ, изъ водорода. Гуттенисъ, вѣроятно, считалъ, что результатомъ какой-нибудь катастрофы освобождено большое количество газа, и что тотъ спектръ при соединеніи съ другими элементами воспламенился и дѣлалъ въ спектрѣ свѣтъ отъ газа, и что это происходило въ то же время температуру фотосферы.

Какъ только истощилась запасъ водорода, все явленія прекратились, и звезда, повидимому, снова погасла.

71. *T* Скорпиона. Эта звезда была открыта Ауверсомъ, а черезъ семь дней спустя, независимо отъ него. Потенсомъ и находится въ шарообразномъ звездномъ скопленіи Мессье 80 (§ 202). 18 мая 1860 года ей еще не было видно, а 21 мая Ауверсъ уже ясно ее различалъ, однако, яркость этой звезды такъ быстро уменьшалась, что 16 июня ее нельзя было отличить отъ свѣтлаго фона звездной кучи, на границахъ которой находятся еще двѣ переменныя звезды (№X 72 и 73). Шенфельдъ 1 июня 1869 года видѣлъ, правда очень неясные, слѣды этой звезды.

74. *U* Скорпиона. По наблюденіямъ Потенсона 20 мая 1863 г., она была 9-ой величины, но уже 28 мая яркость ее уменьшилась до 12-ой величины, а 1 июня, во время полнолуннаго затмения, ей совсемъ не было видно. Известно, эта звезда съ тѣхъ поръ не появлялась вновь.

75. *V* Звѣноса (Офюха). Переменность этой звезды, благодаря ее слабой, была заподозрена еще раньше Баксенделемъ. Ея спектръ по изслѣдованіямъ Дюнера, относится къ типу III *b* и во время максимума обнаруживаетъ три свѣтлыхъ зоны, изъ которыхъ во время минимума видны только двѣ.

78. *R* Малой Медвѣдцы. Такъ какъ эта звезда обладаетъ особеннымъ полосатымъ спектромъ, то Пикерингъ еще въ январь 1881 года подозревалъ, что она можетъ быть переменной, поэтому онъ сталъ производить надъ нею систематически наблюденія и въ результатъ получилъ подтвержденіе своей догадки.

80. Безименная звезда въ созвѣздіи Звѣноса (Офюха). Увидѣвъ, обнаруживъ эту звезду, еще 3—5 апрѣля 1848 года и, ей мѣсть не видѣть никакого небеснаго объекта 9.5 величины или ярче, а между тѣмъ 27 апрѣля, по его оцѣнкѣ, звезда была уже 6-ой величины. Съ тѣхъ поръ яркость ее значительно уменьшилась, и теперь, безъ значительныхъ измѣненій съ 1867 года, она остается 12—13-ой величины.

81. *z* Геркулеса. Измѣненія ей яркости очень неурядивы и иногда даже бывають едва замѣтны.

82. *U* Звѣноса (Офюха). Еще Штелльбергъ, вследствие значительнаго различія въ оцѣнкахъ яркости этой звезды, въ примѣчаніяхъ къ своему каталогу отмѣнилъ ее какъ переменную; однако на это не было обращено, повидимому, никакого вниманія. Эта звезда является очень интереснымъ представителемъ переменныхъ звѣзд. Анализъ за періодъ измѣненія ей яркости сначала, считали, какъ и у *δ* Весо въ и т.д. промежутокъ времени, критичны величому періоду, что объясняется чрезвычайно яркостью этого послѣдняго, и только Чендлеръ впервые открылъ, что звезда почти въ теченіе 16-ти часовъ сияетъ полною своимъ блескомъ, и что измѣненія яркости отъ максимума до минимума и затѣмъ обратно совершаются всего въ 41 ч. часа. Кроме того, Чендлеръ обнаружилъ въ днѣи періода нѣкоторыя перемѣны, границы мѣ, образомъ повторяющіеся черезъ каждыя 37 днѣи, и эти перемѣны, какъ и въ случаѣ Анора, отъ старавш. объясн. влияніемъ третьяго темнаго тѣла, однако, гораздо ярче, оно бы предположилъ, что эти неравенства обуславливаются эксцентричностью и склоненіемъ орбиты двухъ главныхъ тѣлъ, почти соприкасающихся другъ съ другомъ.

84. Безименная звезда въ созвѣздіи Звѣноса. Эта новая звезда, о которой впервые упоминается епископъ Мюнстеръ, появилась 10 октября 1604 г. въ восточной части Звѣноса. По оцѣнкѣ Бруновскато, ученика Кеплера, она была ярче всѣхъ звездъ 1-ой величины, даже ярче Юпитера и Сатурна, но слабѣ Венера. Въ началѣ 1605 г. она все еще была ярче Антареса, но уже слабѣ Арктурѣ. Въ концѣ марта того же года она была уже 3-ей величины, а въ февраль и мартѣ 1606 года она почти совершенно. По всей вѣроятности, она была замѣчена также въ Китаѣ.

88. *T* Орла. Дж. Гершель назвал эту звезду *Pink coloured or ruddy purple* (звезда с розой, или багрово-красного цвета). Ея яркость изменяется неправильно, периодъ этихъ измененийъ составляетъ отъ 3 до 5 мѣсяцевъ.

89. *R* Щита Собесекато. Измѣненія яркости носятъ такой же характеръ, какъ и у  $\beta$  Лиры, именно у этой звезды въ правильной послѣдовательности чередуются слабые и сильные минимумы.

90.  $\beta$  Лиры. Одна изъ самыхъ замѣчательныхъ переменныхъ звездъ, яркость которой въ теченіе полнаго періода обнаруживаетъ два максимума и два минимума. \* Свѣтовая кривая, представляющая измѣненія яркости этой звезды, изображена на рис. 239. \* Артедандеръ, на основаніи двадцатилѣтнихъ наблюдений (1840—1859), вывести слѣдующія заключенія относительно характера измѣненія яркости этой звезды черезъ 3 дня 2 часа послѣ главнаго минимума (4,5) слѣдуетъ первый максимумъ (3,4), черезъ 6 дней 10 час. послѣ него наступать второй минимумъ, и, наконецъ, черезъ 9 дней и 13 час. послѣ этого послѣдняго имѣть мѣсто второй максимумъ. По позднѣйшимъ изслѣдованіямъ Ридла, свѣтовая кривая за послѣднія 40 лѣтъ настолько измѣнилась, что теперь первый максимумъ наступаетъ черезъ 3 дня 12 час. послѣ главнаго минимума, за нимъ черезъ 6 дней 16 час. слѣдуетъ второй минимумъ, а черезъ 9 дней 17 час. послѣ этого послѣдняго имѣть мѣсто второй максимумъ.

Спектръ этой звезды чрезвычайно сложенъ, его интенсивность периодически измѣняется, и, кромѣ того, наблюдается разное число темныхъ линий и смѣшеніе свѣтлыхъ относительно темныхъ, причемъ все это находится въ связи съ періодомъ измѣненія яркости звезды. Эти явленія можно удовлетворительно объяснить, предположивъ, что въ данномъ случаѣ наложены другъ на друга два спектра съ темными линиями и одинъ съ свѣтлыми, и что эти спектры принадлежатъ тремъ слоямъ, очень близкимъ одно къ другому и обладающимъ быстрымъ орбитальнымъ движениемъ при каждомъ оборотѣ проходить взаимныя частыя затменія, которыя и обуславливаютъ собою измѣненія яркости звезды (ср. § 195).

93.  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$  Южной Короны. Очень интересная область неба. Двѣ послѣднія звезды находятся въ западномъ и восточномъ углахъ скопія туманности, именно въ западу отъ которой лежитъ небольшое звездное скопленіе. Новизимому, существуетъ некоторая связь между упомянутой туманностью и этими двумя переменными звездами. Восточной, болѣе слабой звезды, по изслѣдованіямъ Шмидта, не было видно съ 1861 по 1872 годъ съ 1872 по 1876 г. она появилась по временамъ въ видѣ неизмѣримо малой, почти геометрической точки, но послѣ того яркость ея значительно увеличилась. Поблизости находится еще третья переменная звезда  $\delta$  Южной Короны. Яркость всѣхъ трехъ названныхъ звездъ измѣняется очень неправильно, такъ что періодъ, указанный для *R* Южной Короны, заслуживаетъ очень мало довѣрія.

98. 11 Лиццы была открыта 20 нояя 1670 г. Въ моментъ открытія она была 3-ей величины, но уже черезъ двѣ мѣсяца яркость ея уменьшилась до 5-ой величины. Вскорѣ послѣ этого она исчезла, а 17 марта 1671 года снова появилась, причемъ была приблизительно 4-ой величины. Доминикъ Кассени, который весьма прилежно наблюдалъ ее въ Парижѣ, замѣтилъ, что яркость ея очень сильно мѣняется. Въ 1671 году она исчезла во второй разъ, и астрономы надѣялись увидѣть ее въ февралѣ 1672 г. въ надеждѣ, ей блескъ, но она появилась лишь 29 марта того же года и притомъ была только 6-ой величины, послѣ этого ее, кажется, больше нигдѣ не видѣть. Данное въ главѣ описаніе этой звезды изведено Шенфельдомъ изъ наблюдений Гевелія и Никара, отдѣлено отъ этой звезды, всего въ 4° къ востоку и почти на той же параллели, находится звезда  $\alpha$  Лиццы, которая, по наблюденіямъ Хиндта, обнаруживаетъ слѣдныя измѣненія яркости, и которую Хиндтъ считалъ тождественною съ 11 Лиццы. Кромѣ того,

поблизости отъ этой послѣдней, на разстоянн всего нѣсколькихъ дуговыхъ минутъ, находится еще три весьма слабые звѣзочки, и нѣсколько далѣе расположена *S* Лисиды (прямое восхождение —  $19^{\text{h}} 44,3^{\text{m}}$  склонение  $= 27^{\circ} 2'$ ), относительно которой еще Роткерсонъ и Глешеръ въ 1837 году подмривали что она переменная. Наконецъ, Бахсендель замѣтилъ еще три переменныя звѣзды весьма близко отъ *S* Лисиды, такъ что на пространство, лишь немного превосходящее одну квадратную минуту, лежатъ 4 переменныя звѣзды, а на разстоянн 11,3 отъ нихъ находится 11 Лисиды со своимъ спутникомъ.

100.  $\eta$  Ораа часто называется также  $\eta$  Антвоя.

102. *R* Стрѣлы. Световая кривая, какъ у  $\beta$  Лира, имѣеть двойной периодъ.

104. *R* Дельфина. Генке, открывши эту звѣзду 16 августа 1851 года, когда она была 9-ой величины, принялъ ее за новую планету.

105. *P* Лебедя — 34 Лебедя, по Банеру. При своемъ появленн она была 3-ей величины, начиная съ 1619 года ее яркость стала уменьшаться, и въ 1621 г. она исчезла. Въ 1655 Д. Кассини снова замѣтилъ ее, причемъ она опять достигла 3-ей величины, но на этотъ разъ она очень скоро исчезла. Въ третий разъ она появилась въ ноябрѣ 1665 г., когда ее наблюдалъ Гевелли, однако, въ этомъ году она не достигла 3-ей величины, вскорѣ послѣ этого появленн яркость ее стала медленно убывать, пока она, наконецъ не стала-лась звѣздой 5-ой величины (въ промежуткѣ съ 1677 до 1682 г.), съ тѣхъ поръ она, болѣе-ничому, перестала мѣнять свою яркость. Настоящее имя открывшато эту звѣзду, по изслѣдованнямъ Баххюизена, есть собственно Вильгельмъ Готанъ Блеу, и имя Janson, обыкновенно указываемое въ этомъ случаѣ, означаетъ, согласно съ обычаями того времени, не что иное, какъ Sohn Jans J. Блеу былъ фабрикантомъ очень цѣнныхъ небесныхъ глобусовъ и жилъ съ 1598 до 1638 г.

107. *U* Лебедя. Вирмингамъ, открывши эту звѣзду считать ее самой красной изъ всѣхъ звѣздъ сѣвернаго неба, по интенсивности своего свѣта она можетъ сравниться съ *emison star* Хианда (см. № 20). Ее спектръ представляетъ прекрасный примѣръ спектра типа III *b*, красная и желтая части занимають почти половину видимата спектра, послѣдняя особенно интенсивна, голубая очень слаба, а фиолетовая положнтъ совершенно.

109. *Y* Лебедя. Звѣзда принадлежать къ типу Алголя, и замѣчательную форму ее световой кривой Дюверъ объясняетъ тѣмъ, что она представляетъ очень тѣсную двойную звѣзду (§ 195), плоскость орбиты которой совпадаетъ съ плоскостью земной орбиты, такъ что составляющн при каждомъ оборотѣ два раза покрываютъ другъ друга, тѣмъ и обуславливаются два минимума яркости, но при этомъ, вследствие эксцентриситета орбиты, промежутки между двумя послѣдовательными минимумами не равны между собой.

113. *Q* Лебедя. Эта звѣзда открыта Шмиттомъ въ Афинахъ 24 ноябрѣ 1876 года въ той точкѣ неба, гдѣ раньше, повидимому, не было звѣзды ярче 9-ой величины. Въ мѣсяцъ открытн *Q* Лебедя была 3-ей величины. Шмиттъ убѣжденъ, что еще 20 ноябрѣ въ этомъ мѣсѣ не могло быть звѣзды ярче 5-ой величины. По наблюденнямъ Шмитта, звѣзда сохранила свою первоначальную яркость съ 24 по 27 ноябрѣ съ 27 ноябрѣ яркость ее послѣ нѣкоторыхъ колебанн стала быстро уменьшатся, съ 1 декабря она была уже 5-ой величины, 8 декабря отъ 6-ой до 7-ой, 15 декабря — 7-ой, въ срединѣ февраля 1877 г. отъ 7-ой до 8-ой величины. Послѣ этого, вследствие неблагоприятнаго положенн этой звѣзды на небѣ, за ней нельзя было слѣдить въ течение нѣсколькихъ мѣсяцевъ. За это время яркость ее подверглась еще значительному уменьшенно, такъ какъ въ сентябрѣ 1877 года, когда ее снова можно было наблюдать, она была всего 10 — 11-ой величины. Послѣ этого ее яркость, претерпѣвъ различныя колебанн, постепенно увеличилась до той величины, которая приведена въ таблицѣ.

Первое время послѣ открытн звѣзды, по изслѣдованнямъ Корню, Фотеля и др., она дала непрерывный спектръ, перерыванный темными полосами и многократными свѣтлыми

линиями. Из свѣтлыхъ линій три принадлежали водороду, одна, вѣроятно, гелію (*D*, § 178), и еще одна была родственна съ главной изъ линій наблюдаемыхъ въ спектрахъ туманности. Но чрезвычайно интенсивная въ первое время непрерывный спектръ очень скоро значительно ослабѣлъ, такъ что уже черезъ три мѣсяца послѣ открытія звѣзды можно было видѣть лишь часть его, да и то съ большимъ трудомъ. При этомъ яркость различныхъ частей спектра уменьшалась неравномерно; такъ, голубой и фиолетовый цвѣта поухали омертвѣе, чѣмъ зеленые и желтые, тогда какъ красная часть спектра, которая съ самаго начала была слабѣе другихъ и, кромѣ того, была перерѣзана широкими полосами поглощения, скоро исчезла совершенно. Дальнѣйшее, еще болѣе неожиданное измѣненіе ея спектра произошло въ 1877 году, въ теченіе тѣхъ мѣсяцевъ, когда звѣзда была недоступна для наблюдений: действительно, по согласнымъ показаніямъ Фогеля и Копланда, въ сентябрѣ 1877 года спектръ состоялъ всего изъ одной свѣтлой линіи, но обѣ стороны отъ которой были замѣтны въ высшей степени слабы непрерывный спектръ. Линія эта была родственна съ характерной линіей, наблюдаемой въ спектрахъ туманностей, такъ что, если бы мы не знали предшествующей исторіи этой звѣзды то можно было бы подумать, что передъ нами находится планетарная туманность очень малыхъ размѣровъ, въ спектръ которой вторая и третья линіи не замѣтны, вследствие ихъ крайней слабости (ср. № 23).

114.  $\alpha$  Цфея. Это — самая красная изъ видимыхъ невооруженнымъ глазомъ звѣздъ Сѣвернаго полушарія. В. Гершель назвалъ ее поэтому Garnet star (гранатовая звѣзда).

115.  $\delta$  Цфея. Болѣе яркая изъ составляющихъ двойной звѣзды. Измѣненія яркости отличаются необыкновенною правильностью. Отъ минимума до максимума ея яркости проходитъ 1 день 13 час., тогда какъ, обратно, промежутокъ времени, протекающій отъ максимума до минимума, составляетъ 3 дня 18 час., достигнувъ минимума, яркость звѣзды въ теченіе 8 часовъ совершенно не измѣняется, затѣмъ въ теченіе цѣлаго дня она мѣняется лишь весьма незначительно, и только уже послѣ этого она начинаетъ увеличиваться, и вообще всѣ измѣненія происходятъ въ прежнемъ порядкѣ. Измѣненія яркости этой звѣзды объясняются, какъ и въ случаѣ Алголи, затмѣніями, которые обуславливаются прохожденіемъ темнаго спутника передъ дискомъ звѣзды (§ 195).

118.  $\zeta$  Цфея. Изъ всѣхъ переменныхъ звѣздъ имѣетъ самый короткий періодъ. Яркость ея мѣняется очень правильно, но звѣзда не принадлежитъ къ типу Алголи. Максимумъ и минимумъ здѣсь одинаково рѣзки, и для того, чтобы яркость этой звѣзды увеличилась отъ минимума до максимума, нужно столько же времени, сколько и для обратнаго перехода отъ максимума до минимума.

120. Новая звѣзда въ созвѣздіи Персея была открыта Андерсономъ 21 февраля 1901 года. Въ день открытія она была 2,7 величины. Незадолго отъ Андерсона она была замѣчена также многими другими наблюдателями. Достоверно извѣстно что въ этотъ день, еще 19 февраля не могло быть звѣзды ярче 12 ой величины. 22 февраля звѣзда имѣла такую же яркость, какъ Альоль, затѣмъ она стала ярче Поллукса; но все же была нѣсколько слабѣе Альдебарана; 23 февраля она по яркости сравнялась съ софіденомъ съ перъ Канеллы. 24 числа достигла наибольшей своей яркости, причемъ она, обладая синевато-бѣлой окраской, съ тѣмъ съ ею ночь замѣтно ярче Вегы. Но отъ этого яркость стала быстро уменьшаться, и это продолжалось до 13 марта; съ 13 же по 17 марта уменьшеніе шло гораздо медленнѣе.

Начиная, во второй половинѣ марта яркость звѣзды стала периодически колебаться въ предѣлахъ двухъ величинъ въ теченіе какихъ трехъ дней. Съ начала мѣсяца продолжительнось періода стала измѣняться, тогда до 5—6 дней и сдѣлалась менѣе постоянной. Въ это время колебанія яркости происходили въ предѣлахъ отъ 4 до 6-ой

тепичины. Съ 21 мая периодъ удлиняется до 6 — 7 дней, и, такимъ образомъ, новля звѣзды въ созвѣздіи Персея обращалась въ зоремьную съ неизрѣченнымъ периодомъ.

Въ непосредственной связи съ быстрымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ яркости звѣзды находились измѣненія ея окраски. Сначала, она была синевато-бѣлою цвѣта, загѣмъ сдѣлалась желтою и, наконецъ, красноватою.

Кромѣ того, съ увеличеніемъ и уменьшеніемъ яркости звѣзды, происходили также замѣчательныя перемѣны въ ея спектрѣ. Въ 18 фотографіи спектра этой звѣзды, снятыхъ еще 22 февраля 1901 года, существуетъ, что спектръ ея въ это время былъ сходенъ со спектромъ Ригеля въ созвѣздіи Ориона, сдѣлательно, съ бѣлымъ оттѣнкомъ отъ обыкновеннаго спектра новыхъ звѣздъ, характернымъ признакомъ котораго являются свѣтлыя линии. По наблюденіямъ Фогеля, 23 февраля новая обладаетъ спектромъ I типа, съ 33 темными линиями, синій и фиолетовый цвѣта выделялись по своей яркости. Между тѣмъ 24 февраля, по показанію Пикеритта, спектръ погонъ сдѣлательно измѣнился и получалъ полное сходство со спектромъ новой въ созвѣздіи Волочаго. Съ 26 февраля уже нево мѣстности свѣтлыя линии во всѣхъ частяхъ спектра, причемъ фиолетовый спектръ сталъ постепенно терять свою яркость. 27 февраля по показаніямъ Бривинера, рядомъ съ темными линиями появились также двойныя свѣтлыя линии къ красному, зеленому, желтому и синему цвѣтамъ, которая, однако, 5 марта сдѣлалась очень слабыми. По изслѣдованіямъ Фогеля и Гартунга, линии, изолюдовавшая въ спектрѣ новой звѣзды въ созвѣздіи Персея, принадлежали итрито, телуру, магнию, кремнію, кальцію и т. д. особенно большому количеству воторому. Линии кальция были смѣщены къ красному концу спектра и указывали на движеніе въ сторону, противоположную солнцу, со скоростью 46 километровъ въ секунду. Остатками же, по словамъ Фогеля, и Гартунга, были смѣщены къ фиолетовому концу спектра, и эти смѣщенія соответствовали скорости смѣщенія въ 717 километровъ въ секунду по направлению къ солнцу. Спектръ походилъ со своими свѣтлыми линиями протерался весь мартъ, 6-го апрѣля 1901 года произошло замѣчательное ея измѣненіе: свѣтлыя горизонтальныя линии пропали, а гѣмъ ихъ мѣсто заняли широкія и блестящія дуги, свѣтѣнная планетарнымъ туманностямъ. Сдѣлательно, и въ этотъ разъ новая съ дѣлать концовъ обращаетъ въ туманность. Небо еще добавитъ что въ теченіе всего апрѣля приходили замѣчательныя измѣненія въ дѣлать, попеременно наблюдая то зрѣлиса солнечной спектръ со свѣтѣнными горизонтальными линиями бѣзъ характерной линии туманностей, то, наоборотъ, таковыя спектръ съ своей только линией туманностей, но бѣзъ второстепенныхъ линий. Наконецъ, замѣчательно еще то, что туманность, въ которую обратилась пока звѣзда, съ теченіемъ времени стала уменьшаться, какъ бы обнаруживая дальнее вхожденіе въ ея составъ вещества отъ центра къ краямъ, и это въ высшей степени удивительное явленіе до сихъ поръ не получило удовлетворительнаго объясненія. \*

§ 199. Старинныя извѣстія о временныхъ, или новыхъ звѣздахъ. Съ предѣльныхъ временъ до нынѣ тобою звѣзды рѣдъ извѣстны о галактическихъ вспышкахъ звѣзды невои. Въ § 198 подѣ X 4 мы уже упоминали о двухъ такихъ случаяхъ, першечными же сие нѣкоторыя наиболѣе замѣчательныя изъ такихъ звѣздъ.

134 г. до Р. Ар. Согласно съ китайскими наблюденіями, которая были подробно разобраны астрономомъ Бю, въ этомъ году появлялась «новая» звѣзда между 5 и 8 Скорпиона. Д. Гершель сообщаетъ, что эта звѣзда, быть можетъ, тождественна съ той, о которой упоминаетъ Плани въ своей Historia naturalis (lib. II), и которая, около 125 г. до Р. Ар. поимена Гиппарха къ составленію его звѣзднаго каталога (§ 179).

143 г. до Р. Ар. По китайскимъ наблюденіямъ, между  $\alpha$  Геркулеса и  $\alpha$  Змѣноса явилась новая звѣзда.

173 г. по Р. Хр. Согласно съ китайскими наблюдениями, 10 декабря 173 г. явилась новая звезда между  $\alpha$  и  $\beta$  Центавра, которая через 8 мѣсяцев снова исчезла.

386 г. по Р. Хр. Новая звезда наблюдалась въ созвѣздіи Стрѣльца. Въ китайскихъ извѣстіяхъ замѣчено, что эта звезда съ апрѣля по іюль 386 г. оставалась все время на одномъ и томъ же мѣстѣ неба.

389 г. по Р. Хр. Въ паретнованіи императора Гонорія вспыхнула недалеко отъ созвѣздія Орла раньше невидимая неподвижная звезда, которая через 3 недѣли сравнялась по яркости съ Венерой, а нѣсколько позже снова совершенно исчезла. Линнѣ, который взялъ на себя трудъ изслѣдовать оригинальные источники, полагаетъ, что эти извѣстія относятся скорѣе къ кометѣ, чѣмъ къ звѣздѣ, если только вообще имъ можно сколько-нибудь довѣрять.

393 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюдениямъ, новая звезда явилась въ созвѣздіи Скорпіона.

Въ IX-мъ вѣкѣ два арабскихъ астронома Хали и Альбумазаръ наблюдали въ созвѣздіи Скорпіона новую звезду, отъ которой распространился свѣтъ, сравнимый со свѣтомъ луны во время ея четверти, и которая через 4 мѣсяца послѣ появленія снова сдѣлалась невидимой.

1012 г. п. н. по другимъ свѣдѣніямъ, 1006 г. по Р. Хр. Новая звезда заблестѣла въ созвѣздіи Овна. По словамъ одного монаха изъ С.-Галлена она была необыкновенной величины и обладала удивительной яркостью, такъ что даже ослѣпляла глаза наблюдателей. Ее наблюдали съ конца мая въ теченіе трехъ мѣсяцевъ, причемъ яркость ея подвергалась весьма значительнымъ колебаніямъ; по временамъ ее даже совсѣмъ нельзя было отыскать на небѣ.

1203 г. по Р. Хр. Согласно съ китайскими наблюдениями новая звезда появлялась въ созвѣздіи Скорпіона.

1230 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюдениямъ, между Звѣносомъ и Змѣей съ декабря 1230 до марта 1231 г. можно было видѣть новую звезду.

1578 г. по Р. Хр. По китайскимъ источникамъ, яркость новой звезды была необыкновенно велика, такъ какъ въ одной изъ лѣтописей сказано «звезда сіяла какъ солнце».

1584 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюдениямъ, новая звезда появилась въ созвѣздіи Скорпіона.

1609 г. по Р. Хр. Въ китайскихъ источникахъ есть извѣстія о новой звѣздѣ. Гельшмидтъ считаетъ эту звезду тождественной со звѣздами 393 г., IX-го столѣтія и 1203 года, отъ чего получается періодъ въ 405 лѣтъ, такъ что новата ея появленія можно ожидать около 2014 года.

§ 200. **Природа переменныхъ звѣздъ.** Если мы предложимъ себѣ вопросъ, чѣмъ обуславливаются эти удивительныя измѣненія яркости переменныхъ звѣздъ, то мы натолкнемся на большое число гипотезъ — лучшее доказательство того, что это явленіе еще единственно мало изучено, чтобы можно было думать объ удовлетворительномъ его объясненіи. Съ другой же стороны, достаточно вспомнить сказанное въ началѣ этой главы (§ 197) о томъ насколько различенъ характеръ измѣненія яркости у различныхъ звѣздъ, чтобы убѣдиться, что это явленіе не у всѣхъ звѣздъ обуславливается одинаковыми причинами. Поэтому Пикерингъ раздѣляетъ переменныя звѣзды на пять классовъ.

I Звѣзды, временно достигаютія значительной яркости. Примеромъ такихъ звѣздъ является  $\beta$  Гѣ, которая въ вышеприведенномъ спискѣ названа «новой», а также  $\beta$ , которая приведена въ видѣ дополненія въ предыдущемъ параграфѣ.

Всѣ эти звѣзды этой группы въ изученію которыхъ были применены спектроскопы (XN: 23 70, 113, 120), дали спектръ, состоящій, между прочимъ, также и изъ свѣтлыхъ линий, т. е., несущій характеръ спектра раскаленныхъ газовъ. Такимъ образомъ, въ этихъ случаяхъ вне-

заинтересованное появление звезды обуславливалось или сильным извержением газов, или же столкновением какой-нибудь звезды с космическим облаком, вследствие чего оба столкнувшиеся тела должны сильно накалиться. Такого рода катастрофы едва ли могут повторяться через правильные промежутки времени.

2. Звезды, яркость которых меняется неправильным образом, и у которых период этих изменений охватывает несколько месяцев или даже лет. Таковы, например,  $\sigma$  Кита,  $\eta$  Арго,  $\zeta$  Лебеда (№ № 10, 51, 99) и др.

Для звезд первого и второго классов Локьер предположил так называемую гипотезу столкновений, наглядным образом иллюстрированную на рис. 243. Основная идея, что появление новых звезд может обуславливаться столкновением двух тел, не нова, и особенность гипотезы, предложенной Локьером, заключается в том, что, по его мнению, новые звезды и переменная типа „Цивильной“ ( $\sigma$  Кита) в их настоящей стадии развития не представляют компактных тел, а являются лишь весьма разреженными, но огромными по размерам росами метеоритов, причем каждая такой роса сопровождается другим росом меньших размеров, который обращается вокруг первого по эксцентрической орбите, подобно тому, как кометы обращаются вокруг солнца. По предположению Локьера, перигелийное расстояние орбиты, описываемой меньшим росом настолько мало, что он при прохождении через перигелий \*) проникает внутрь большого роя. Такое столкновение, вследствие крайней разреженности обоих росов, не нарушает общего движения метеоритов, но зато оно вызывает развитие огромного количества света.

Надо, впрочем, заметить, что эта гипотеза небезупречна во всех своих подробностях. \*

3. Звезды, яркость которых изменяется в незначительных пределах, и для которых еще до сих пор не найден закон этих изменений. Таковы, между прочим,  $\alpha$  Кассиопеи и Ветейгейзе (№ № 5 и 25).

4. Звезды, яркость которых меняется более или менее правильным образом и которая обладают периодом, равным нескольким дням или несколькими неделям. Примером могут служить  $\zeta$  Близнецов и  $\gamma$  Орла (№ № 30, 100).

О причинах изменений яркости звезд 3-го класса мы до сих пор не можем высказать окончательного мнения, что же касается звезд 4-го класса, то для объяснения изменений их яркости Целлер, Гюльден, Никеринг и др. полагают, что поверхность этих звезд не везде одинаково ярка, и вследствие их вращения по кругу осей, к нам бывает обращена то более светлая, то более темная часть их поверхности. Но так как обширные, более или менее темные области могут встречаться лишь на таких телах, которые достигли уже значительной степени охлаждения (§ 178), то становится вполне понятным, почему среди переменных так много красных звезд и почему в их спектрах по большей части встречаются столь интенсивные и широкие полосы поглощения.

5. Звезда, яркость которых меняется правильно и при этом в течение всего лишь



Рис. 243.

\*) Слово перигелий здесь употребляется по аналогии с кометными орбитами.



несколько часовъ, тогда какъ все остальное время ихъ яркость остается постоянной. Намъ известно до 12 такихъ звѣздъ, но самымъ характернымъ представителемъ этой группы является Алголь или  $\beta$  Персея (№ 13).

Чтобы объяснить причину измененія яркости этихъ звѣздъ этой группы Шккерицъ въ 1881 году предложилъ гипотезу, которая уже ранее его была высказана Нигеттомъ, и которая состоитъ въ томъ, что вокругъ звѣзды обращается темное тѣло занимающее черезъ опредѣленные промежутки времени положеніе между нами и звѣздой. Исходя изъ этой гипотезы, Шккерицъ сдѣлалъ попытку опредѣлить для Алголя, какъ для наиболее изученной звѣзды этой группы, орбиту и размеры темнаго спутника. Справедливость этой гипотезы была впоследствии подтверждена спектроскопическими наблюдениями не только для Алголя, но и для  $\delta$  Цефея (№ 115), такъ что она, безъ сомнѣнія, справедлива и для остальныхъ звѣздъ этого типа. Эта гипотеза съ незначительными измѣненіями имѣетъ силу, впрочемъ, и для некоторыхъ переменныхъ звѣздъ 4-го класса, но крайней мѣрѣ, относительно  $\zeta$  Лиры (№ 90) это вполне доказано (ср. § 195).

## Г Л А В А XVIII.

### Звѣздныя скопленія и туманности.

§ 201 **Образованія, подобныя млечному пути** Звѣздное небо усѣяно не одними только звѣздами, вмѣняющими съѣ свѣтлахъ точки или кружечки. Природа, разнообразно проявленіи которой мы такъ часто удивляемся на землѣ, здѣсь, въ безграничномъ мировомъ пространствѣ, проявляется богатствомъ своихъ творческихъ силъ и разнообразіемъ формъ въ еще болѣе высокой степени.

Уже три пераго взгляда на небо невооруженнымъ глазомъ мы видимъ, что звѣзды разпредѣлены на немъ неравномерно. Кто не знаетъ, напримеръ, красивой группы звѣздъ, расположенной надъ шею Гемлы и измѣняющей видъ имѣемъ Плеяды или Пасдыки? Большая Вереница, красивая группа звѣздъ въ созвѣздіи Рыбы и т. п. представляютъ собою настолько тѣсныя скопленія неподвижныхъ звѣздъ, что невольно хочется считать эти звѣздныя группы отдѣльными семействами звѣздъ, невольно хочется назвать въ нихъ независимыя системы небесныхъ тѣлъ.

А что же мы должны сказать про млечный путь, эту прекрасную свѣтлую полосу, которая тянется дуга большого круга черезъ все небо? Некоторые части этой свѣтлой полосы отличаются особенно сильнымъ отескомъ въ другихъ мѣстахъ, замѣтно, какъ бы темныя отрезки и щели, а также боковыя звѣзды. Уже обыкновенныя зрительныя трубы различаютъ болѣе свѣтлыя части млечнаго дуги отъ болѣе темнаго мажорета, мажоретныхъ тѣсно сгущенныхъ неподвижныхъ звѣздъ, а при помощи хорошаго телескопа можно замѣтить, что тѣмъ мѣстамъ млечнаго пути кажется невооруженному глазу, тѣмъ больше, чѣмъ звѣзды, олуку свѣтлѣе, что свѣтъ млечнаго пути происходитъ не только изъ этихъ звѣздъ, но и изъ другихъ тѣсно сгущенныхъ звѣздъ, одѣло, многи звѣзды ево даже въ дугѣ тѣмъ болѣе, но различаютъ на отдѣльныя звѣзды, впрочемъ, по тому, что эти звѣзды отстоятъ значительно дальше отъ насъ и находятся слишкомъ близко отъ насъ, тогда, чтобы можно было ихъ видѣть каждаго въ отдѣльности.

Изъ стрѣны млечнаго пути состоядаго изъ безчисленнаго множества звѣздъ, по-кажется, что оно образуетъ въ пространствѣ газогидрогенную систему содѣны, къ которой притягиваются также и наше солнце, движется хотя и весьма медленной, но все же впередъ, имѣетъ же и свой собственный Вѣкъ. 180 мы уже упоминали, что млечный путь въ ос-

нечем имѣть видъ чечевицы, недалеко отъ центра которой находится наша солнечная система. Если бы эта послѣдняя находилась не внутри этого чечевицеобразнаго звезднаго скопления, а была бы расположена на большомъ отъ него разстояннн, тогда млечный путь не представлялся бы на небесномъ сводѣ въ видѣ дуги большого круга, но казался бы намъ маленькимъ свѣтлымъ кружечкомъ или даже эллипсомъ, который былъ бы тѣмъ ближе къ кругу, чѣмъ меньше отличался бы отъ прямого угла, составляемый лучемъ зрѣнія съ плоскостью этой чечевицы. Если бы, напримѣръ, мы находились отъ чечевицы въ направленнн перпендикулярномъ къ ея плоскости на разстоянн, равномъ ея большому диаметру, то она казалась бы намъ круглымъ дискомъ, видимый диаметръ котораго равнялся бы 60' т.-е. онъ имѣлъ бы также же размеры, какъ созвездіе Большой Медвѣдицы. При разстоянн въ 10 разъ большемъ, видимый диаметръ диска равнялся бы 5,5', и, наконецъ, при разстоянн въ 100 разъ большемъ онъ составилъ бы всего 0,5'. Въ послѣднемъ случаѣ мы въ самые лучшіе телескопы не могли бы различить отдѣльныхъ звездъ млечнаго пути, и онъ казался бы намъ маленькой слабоувѣличенной туманностью.

Въ наши телескопы, действительно, можно видѣть очень много такихъ туманностей. В. Гершель открылъ ихъ около 2500, и, при помощи сто превосходнаго телескопа, ему удалось многа изъ нихъ разложить на отдѣльныя звезды, что доказываетъ тождество ихъ строенія съ строеніемъ нашего млечнаго пути. Однако, многа изъ туманностей даже въ лучшіе телескопы продолжаютъ казаться облачкомъ или туманомъ такъ что, если допустить, что онѣ также представляютъ скопленія звездъ, то онѣ должны находиться на чрезвычайно огромныхъ отъ насъ разстоянняхъ. Возможно, однако, что многа изъ этихъ небесныхъ тѣлъ имѣютъ совершенно другое строеніе, а именно, что онн действительно состоятъ изъ свѣтящагося тумана; такое предположеніе подтверждается, между прочимъ, спектроскопическими изслѣдованіями.

Перше упоминаніе о туманностяхъ мы встрѣчаемъ у Птолемея, который, събравъ, въроятно, Гиппарху, насчитываетъ ихъ 5, причемъ 2 изъ нихъ на самомъ дѣлѣ представляютъ звездныя скопленія. Галлей насчиталъ въ сѣверномъ и южномъ полушаріяхъ еще 6 туманностей (Nebulosae), изъ которыхъ нѣкоторыя до сихъ поръ и могли быть разложены на отдѣльныя звезды. Первое систематическое изслѣдованіе неба въ этомъ отношеніи было сдѣлано Лакайемъ, который, проводя зрѣннн и отеченія до мысъ Доброй Надежды, открылъ болѣе 40 туманностей и звездныхъ скопленнн и въ 1753 г. сообщалъ ихъ положенія Парижской Академіи. Въ промежутокъ времени съ 1771 до 1784 г. Мессье опубликовалъ списокъ, заключающій приблизительно 100 объектовъ этого рода, открытыхъ частью имъ самимъ, частью другими. Но главное основаніе нашимъ знаніямъ о туманностяхъ и звездныхъ скопленняхъ, равно какъ и о двойныхъ звездахъ, было положено В. Гершелемъ, который въ 1786, 1789 и 1802 гг. выпустилъ каталоги собоисчисленные въ 1862 году Ауверсомъ и содержаще не менѣе 2500 такихъ объектовъ. Д. Гершель сначала продолжалъ наблюденія своего отца въ Иероль, зрѣннмъ ему удалось сдѣлать многочисленныя и важныя дополненія къ изслѣдованіямъ отца въ этой области такъ же съ 1834 до 1838 г., во время своего пребыванія на мысъ Доброй Надежды, онъ произвелъ тщательное изслѣдованіе южнаго неба въ томъ же направленнн и въ 1864 году собралъ все въ то время извѣстныя звездныя скопленія и туманности въ каталогъ, содержащнн 5079 нумеровъ. Въ 1888 г. Дрейеръ переработалъ этотъ каталогъ и дополнилъ его вновь открытыми образованіями этого рода, расширивъ его до 7840 нумеровъ, въ 1895 году онъ издалъ тобвещеніе къ своему каталогу, содержащее еще 1529 новыхъ, найденныхъ за это время туманностей и звездныхъ скопленнн. Наблюденія несистематическаго характера, а также монографіями посвященныя этимъ небеснымъ тѣламъ обильны Д'Арре, Бидурдану, Антельгарту, Марсу, Рюмкеру, Шеффелту, Шулту, Стефану, Шиллеру, Л. Свифту, Темпелю и др. Съ другой стороны,

Лассель и Росс, при помощи своих гигантских телескопов, познакомили насъ съ мельчайшими деталями этихъ небесныхъ тѣлъ, такъ что только благодаря имъ извѣданными мы мало-по-малу освободились отъ предубѣжденій, что эти тѣла должны обладать правильной формой и правильнымъ строеніемъ.

При ближайшемъ разсмотрѣнн вышеупомянутыхъ каталоговъ обнаруживается, что нѣкоторыя области неба очень богаты такими объектами, между тѣмъ какъ въ другихъ ихъ почти вовсе нѣтъ. Обыкновенно они встрѣчаются цѣлыми группами и бывають расположены близко другъ къ другу. Д Гершель замѣчаетъ по этому поводу, что большинство звѣздныхъ скопленій и всѣ туманные пятна неправильной формы лежатъ въ самомъ млечномъ пути или по близости отъ него, главнымъ образомъ, въ созвѣздіяхъ Ориона, Арго, Стрѣльца и Лебеда, а туманности правильной формы въ сѣверномъ полушаріи скучены въ зонѣ, проходящей черезъ полосу млечнаго пути, черезъ созвѣздія Льва, Большой Медвѣдицы Гонимыхъ Псовъ, Волосъ Вереники, Волонаст и Дѣвы, въ южномъ же полушаріи, наоборотъ, распределены довольно равномерно. Кромѣ того, границы этой полосы богаты туманностями, весьма рѣдки, и за нею небо очень блжно подобными образованиями.

Чтобы облегчить перечень этихъ объектовъ, В. Гершель раздѣлитъ ихъ на 8 классовъ; однако, вѣдѣтіе необыкновеннаго разнообразія туманностей, онъ не могъ установить тѣхъ точныхъ границъ, и условия принадлежности объекта къ тому или другому классу слишкомъ произвольны, чтобы они могли долго служить достаточнымъ основаніемъ для подраздѣленія на группы весьма значительнаго числа этихъ небесныхъ тѣлъ. Кромѣ того, что приходится еще то обстоятельство, что съ увеличеніемъ оптической силы телескоповъ, употребляемыхъ для наблюденія туманностей, видъ послѣднихъ почти всегда нѣсколько измѣняется, что кажется, будто передъ нами находится совсѣмъ другой объектъ. Въ этомъ очень легко убѣдиться, если сравнить описанія одной и тѣхъ же туманностей, сдѣланныя Мессье обоями Гершелами, Россомъ и др., и ниже мы будемъ имѣть случаи привести нѣсколько замѣчательныхъ примѣровъ этого рода. Поэтому, придерживаясь гершелевой или другой какой-нибудь классификаціи, астрономы уже давно предпочитаютъ для туманностей и звѣздныхъ скопленій просто указывать ихъ прямые восхожденія и склоненія, совершенно подобно тому, какъ это дѣлается для планетъ и неподвижныхъ звѣздъ, принадлежность же объекта къ тому или другому классу по гершеловой или какой-нибудь иной классификаціи обыкновенно указывается въ примѣчаніяхъ.

Этого способа будемъ придерживаться и мы при описанн отдельныхъ наиболее интересныхъ туманностей и звѣздныхъ кучъ.

§ 202. **Звѣздныя скопленія.** Звѣздными группами, или звѣздными скопленіями называются такія свѣзныя мѣста на небѣ, которыя въ лучшемъ телескопѣ всегда раздѣляются на отдѣльныя звѣзды, тогда какъ невооруженному глазу они представляются лишь въ видѣ слабо свѣгащагося облачка, а въ большинствѣ случаевъ даже и совсѣмъ невидны. Нѣкоторыя изъ нихъ можно видѣть уже въ трубу съ отверстіемъ въ 8—10 сантиметровъ; но послѣднихъ скопленіяхъ мы остановимся болѣе подробно, чтобы любители, обладающие такими инструментами, могли лучше разсмотрѣть и изучить эти небесные объекты.

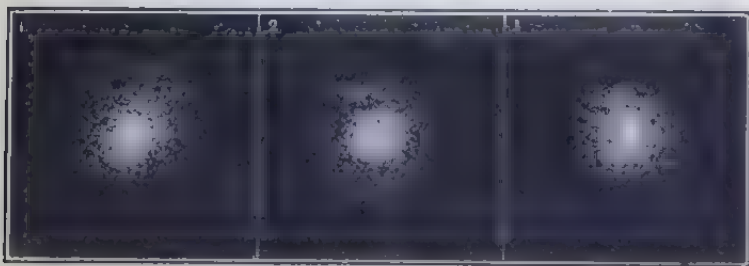
Въ нижеслѣдующемъ изъясненн буквы *AR* означаютъ прямое восхожденіе, *D* — склоненіе эти координаты вездѣ даны для 1900 года и относятся приблизительно къ центру звѣздныхъ скопленія, которыя по большей части обладаютъ весьма значительнымъ діаметромъ.

Къ такимъ звѣзднымъ группамъ относятся прежде всего тѣ, которыя при наблюденіяхъ въ очень слабую трубу или даже невооруженнымъ глазомъ имѣютъ видъ скопленій отдѣльныхъ звѣздъ, таковы:

*AR* 55 23, *D* = 23° 48'. Семь вѣстныхъ Плеядъ, или Псабда въ шевъ Тельца. Въ этомъ скопленн можно различать отдѣльныя звѣзды также невооруженнымъ глазомъ (см. рис. 231).



Звѣздныя кучи по Дж. Гершелю.



Туманности правильной формы.

$AR = 33^{\circ} 1'$ ,  $D = 56^{\circ} 41'$  и  $AR = 33^{\circ} 51'$ ,  $D = +56^{\circ} 38'$ , скопления  $\beta$  и  $\gamma$  в мечь Персея. Для невооруженного глаза они представляются в видъ свѣтлага облака, которое въ телескопъ распадается на два очень богатыхъ звездныхъ скопления. Это одно изъ самыхъ красивыхъ мѣсть на небѣ. Северная группа ( $\beta$ ) состоитъ изъ звѣздъ отъ 7 до 12-ой величины въ серединѣ южной группы ( $\gamma$ ) находится красная звѣзда.

$AR = 128^{\circ} 45'$ ,  $D = +20^{\circ} 20'$ . Такъ называемая Ясли, или Преседа въ созвѣзди Рака. Это и предыдущее скопления были отмѣчены еще Гиппархомъ.

$AR = 178^{\circ}$ ,  $D = 26^{\circ}$ , въ Волосахъ Вереники. Это скопление раздѣляется на отдѣльныя звѣзды даже при наблюдении невооруженнымъ глазомъ.

Не останавливаясь дальше на этихъ и имъ подобныхъ скопленяхъ звѣздъ, перейдемъ къ разсмотрѣнью телескопическихъ звездныхъ кучъ, которыхъ такъ много на небѣ. Почти всегда онѣ имѣютъ круглую форму; звѣзды входящія въ составъ этихъ скопленій бываютъ по большей части все одинаковой яркости, и только иногда въ серединѣ скопленія находится одна или нѣсколько болѣе яркихъ звѣздъ. Нередко очень часто отличаются краснымъ цвѣтомъ и нередко бываютъ двойными. Группы, состоящія изъ мелкихъ тѣсно сгущенныхъ звѣздъ, имѣютъ преимущественно круглую форму, тогда какъ другія скопленія обладаютъ неправильными очертаньями на границахъ и часто даже раздѣляются на отдѣльныя вѣтви и отростки. Въ скопленяхъ, въ которыхъ звѣзды тѣсно сгущены, число послѣднихъ нередко бываетъ необычайно велико. Считать число звѣздъ въ такихъ кучахъ совершенно невозможно; но по опыту В. Гершеля въ шарообразномъ скопленіи съ видимымъ диаметромъ отъ 8 до 10, следовательно, въ такомъ скопленіи, видимая площадь котораго составляетъ всего лишь  $\frac{1}{16}$  площади, занимаемой луннымъ дискомъ, очень часто заключаются, по крайней мѣрѣ, до 5000 звѣздъ.

— — Who can satiate sight

In such a scene, where depth, height, breadth  
Are lost in their extremes, and where, to count  
The thick-sown glories in this ocean of Suns,  
Perhaps a Seraph's computation fails.\*)

Young.

По большей части въ центрѣ звездной группы ея яркость постепенно увеличивается и притомъ настолько сильно, что такое увеличеніе яркости нельзя считать явлениемъ оптическимъ, какъ это было бы въ томъ случаѣ, если бы шаровое скопленіе состояло изъ звѣздъ равно отстоящихъ другъ отъ друга, и потому болѣе значительная яркость центральныхъ частей звездныхъ группъ, повидимому, указываетъ на то, что по серединѣ въ такихъ скопленіяхъ звѣзды сгущены болѣе, чѣмъ по краямъ. Рѣзко очерченныя границы и необыкновенная симметрия внутренняго строения этихъ удивительныхъ свѣтлыхъ свѣдѣтельствуютъ намъ о томъ, что они представляютъ собою независимыя системы, образовавшіяся въ силу особаго взаимовлѣянія характеръ которыхъ, можетъ-быть, навсегда останется для насъ неизвѣстнымъ. Нѣсколько типичныхъ звездныхъ скопленій, по Д. Гершелю, изображены на приложенной при семь таблицъ на этой же таблицѣ даны три туманности правильной формы.

Ниже указаны наиболее замѣчательныя изъ телескопическихъ звездныхъ кучъ, причемъ некоторые изъ нихъ можно наблюдать уже при помощи небольшой зрительной трубы.

$AR = 102^{\circ} 19'$ ,  $D = 18^{\circ} 8'$ , въ созвѣзди Близнецовъ. Это большая, неправильная, раскинувшаяся вѣрхомъ звездная группа. По направлению къ узкой части яркость

\*) — — Чей взоръ можетъ посягнуть на созерцаніемъ безконечнаго пространства, гдѣ глубина, высота и ширина безграницы, и гдѣ, можетъ-быть, не хватало бы силъ серафимовъ, чтобы описать все великолѣпіе этого океана солнцъ.

сметро возрастаетъ, а очертанія противоположной широкой части размыты и пелешь. Наибольшее протяженіе этого скопления по дугѣ большого круга составляетъ отъ 5 до 6'. Это скопление изображено на вышеупомянутой таблицѣ подъ № 6.

$AR = 128^{\circ} 17'$ ,  $D = -29^{\circ} 35'$  въ созвѣздіи Аркт. Южная звѣздная куча, состоящая изъ звѣздъ 10-12 величины и имѣющая видъ буквы X; ея наибольшее протяженіе составляетъ 6'.

$AR = 130^{\circ} 26'$ ,  $D = -12^{\circ} 58'$  въ созвѣздіи Рака. Кривое скопление, состоящее изъ звѣздъ 9-10 величины, которыя необыкновенно правильно струнированы около центральной звѣзды.

$AR = 197^{\circ} 0'$ ,  $D = -18^{\circ} 42'$  въ созвѣздіи Воловь. Вереница. Очень красивая группа, состоящая изъ чрезвычайно мелкихъ и тѣсно сплоченныхъ звѣздъ, на краяхъ группы отдѣльныя звѣзды простирются на довольно значительное расстояние. Центральная часть этого звѣзднато скопления очень ярка, на краяхъ очертанія скопления имѣютъ видъ кристальныхъ зубцовъ. Диаметръ этой звѣздной кучи составляетъ 6'.

$AR = 204^{\circ} 23'$ ,  $D = -28^{\circ} 53'$  въ созвѣздіи Вѣжнихъ Огненныхъ Собакъ. Очень красивая группа съ диаметромъ въ 6'. Она содержитъ, по крайней мѣрѣ, 1000 звѣздъ не ярче 10-ой величины; болѣе яркая часть ея находится въ центрѣ, отъ котораго во все стороны распространяются какъ бы свѣтовые лучи.

$AR = 210^{\circ} 14'$ ,  $D = -29^{\circ} 0'$  въ созвѣздіи Волоса. Очень большое богатое, круглое скопление, диаметръ котораго составляетъ отъ 8 до 10'. Оно содержитъ звѣзды отъ 11 до 14 величины, которыя въ центрѣ такъ скучены, что различить ихъ можно лишь при помощи очень большихъ телескоповъ.

$AR = 228^{\circ} 22'$ ,  $D = -2^{\circ} 28'$  въ созвѣздіи Близнецъ. Очень красивое, весьма скученное шарообразное скопление. Его яркость значительно возрастаетъ по мѣрѣ приближенія къ центру, тѣмъ уже сосредѣлено больше различимыхъ отдѣльныхъ звѣздъ. Диаметръ всей группы достигаетъ 2,5'. Вдали нелѣзаетъ очень много звѣздъ. Эта группа изображена подъ № 1 на таблицѣ, приложенной къ стр. 663.

$AR = 233^{\circ} 9'$ ,  $D = 6^{\circ} 19'$  въ созвѣздіи Звѣз. Слабое, круглое скопление въ центрѣ яркость мало-по-малу увеличивается; разложить это скопление на отдѣльныя звѣзды очень трудно. Диаметръ равенъ 2'. На таблицѣ, приложенной къ стр. 663 эта группа изображена подъ № 5.

$AR = 249^{\circ} 31'$ ,  $D = -36^{\circ} 39'$  въ Геркулесѣ. Очень богатая звѣздная группа, состоящая изъ несколькихъ тысячъ звѣздъ отъ 9 до 12 величины и легко различимая на отдѣльныя звѣзды почти до самаго центра, по краямъ она имѣетъ лучеобразный видъ, въ особенности на юго-востоку. Она представляетъ одно изъ самыхъ великодушныхъ зрѣлищъ на небесахъ своѣмъ. Ея диаметръ составляетъ отъ 7 до 8'. Эта группа, которую въ видѣ слабаго облачка можно наблюдать даже невооруженнымъ глазомъ, была открыта Галлеемъ въ 1714 г. Мессье описалъ ее, какъ туманность, не заключающую звѣздъ. Она находится между  $\eta$  и  $\xi$  Геркулеса и изображена подъ № 2 на таблицѣ, приложенной къ стр. 663.

Кромѣ того, рисъ 244 даетъ намъ эту звѣздную кучу по фотографии, снятой въ сентябрѣ 1894 года при времени экспозиціи въ 15 минутъ.

$AR = 252^{\circ} 39'$ ,  $D = -3^{\circ} 56'$  въ Звѣзносѣ. Круглая группа, состоящая изъ довольно разрозненныхъ звѣздъ; она не имѣетъ ядра и обладаетъ диаметромъ въ 10'.

$AR = 258^{\circ} 19'$ ,  $D = -18^{\circ} 26'$  въ Звѣзносѣ. Въ небольшомъ зрительномъ трубѣ эта группа представляется въ видѣ круглой туманности, съ диаметромъ въ 3-4'; къ центру ея яркость постепенно увеличивается. Въ сильные телескопы она распадется на мириады необыкновенно слабыхъ звѣздочекъ.

$AR = 267^{\circ} 43'$ ,  $D = -19^{\circ} 0'$  въ Звѣзносѣ. Большое, богатое, не особенно

скупенное скопление, состоящее из 60—80 звезд от 9-ой до 12-ой величины, которые расположены по большей части по правильным кривым линиям.

$AR = 269^{\circ} 23'$ ,  $D = -24^{\circ} 23'$  в Стрельцѣ. Великолепная, чрезвычайно неправильная группа, простирающаяся в длину на  $30'$  и содержащая между прочимъ одну звезду 7-ой величины. Открыта Лежаптилемъ в 1748 году.

$AR = 277^{\circ} 35'$ ,  $D = -24^{\circ} 0'$  в Стрельцѣ. Очень красивая, шарообразная группа, къ центру постепенно увеличивающаяся въ яркости, но безъ особенно яркаго ядра. Звезды, отъ 11-ой до 15-ой величины, повидимому, распределены весьма равномерно по всей группѣ; границы этого скопления размыты. Открыта эта группа в 1655 году Абрамомъ Иле.

$AR = 281^{\circ} 26'$ ,  $D = -6^{\circ} 24'$  в Щитѣ Собіесскаго. Красивая группа неправильной формы; ея діаметръ составляетъ отъ 10 до 12 минутъ. Въ звезды 11-ой величины, только въ центрѣ находится одна звезда отъ 8-ой до 9-ой величины. Все скопление какъ бы распадается на 5 или 6 отдѣльныхъ группъ. Открыта она была еще в 1681 году Кирхомъ.

$AR = 288^{\circ} 10'$ ,  $D = +29^{\circ} 59'$  в созвѣздіи Лирь. Богатое, весьма скупенное скопление, очень яркое въ серединѣ; оно имѣетъ приблизительно видъ треугольника. Наибольшее ея протяженіе достигаетъ  $3'$ . Оно состоитъ изъ звездъ отъ 11-ой до 12-ой величины.

$AR = 291^{\circ} 41'$ ,  $D = +9^{\circ} 1'$  в Орлѣ. Богатая и тѣсная группа. Діаметръ ея равенъ  $40''$ .

$AR = 311^{\circ} 59'$ ,  $D = -12^{\circ} 55'$  в созвѣздіи Козерога. Круглое, въ серединѣ довольно яркое скопление; его діаметръ достигаетъ  $2'$ . Оно изображено на таблицѣ, приложенной къ стр. 663, подъ № 3.

$AR = 321^{\circ} 16'$ ,  $D = +11^{\circ} 43'$  в Пегасѣ. Большое, круглое скопление; яркость этого и безъ того свѣтлаго скопления, по мѣрѣ приближенія къ центру, еще больше увеличивается, такъ что получается впечатлѣніе, будто оно состоитъ въ центральныхъ частяхъ. При наблюденіи этой группы кажется, что отъ ея центра идутъ лучи по всѣмъ сторонамъ къ вѣнечной границѣ. Она лежитъ въ области небл. весьма бѣдной звездами и была открыта въ 1746 году астрономомъ Маральди.

$AR = 322^{\circ} 4'$ ,  $D = -1^{\circ} 16'$  в созвѣздіи Водолея. Красивое, круглое, большое, разложимое на отдѣльныя звезды скопление. Около центра яркость его настолько велика, что оно кажется пылающимъ, хотя звезды распределены довольно равномерно по всей группѣ. По виду эта группа похожа на кучку золотого песка. Діаметръ самой яркой части группы составляетъ  $1,5'$ ; яркость этой части приблизительно равна яркости звезды 6-ой величины. Открыта астрономомъ Маральди в 1746 г. На таблицѣ, приложенной къ стр. 663 эта звездная куча изображена подъ № 4.



Таб. 214.

$AR = 358^{\circ} 0'$ ,  $D = 56^{\circ} 10'$  в Кассиопей. Очень красивая, большая, круглая группа, состоящая из большого числа тускло силованных звезд от 10-ой до 14-ой величины. Къ центру вся группа мало-по-малу увеличивается въ яркости, но не обладает ясно выраженнымъ ядромъ. Диаметръ группы равенъ 15'. Открыта Каролиной Гершель въ 1783 году.

Изъ числа тѣхъ скопленій, въ центрѣ которыхъ находится красивая цвѣтная звезда, должно отмѣтить слѣдующія:

$AR = 33^{\circ} 51'$ ,  $D = 56^{\circ} 38'$   $\chi$  Персея, о которой мы уже упоминали выше.

$AR = 78^{\circ} 18'$ ,  $D = 39^{\circ} 14'$  въ созвѣздіи Возничато. Богатая звездная группа съ оранжевой звездой 7-ой величины.

$AR = 321^{\circ} 16'$ ,  $D = 51^{\circ} 9'$  въ созвѣздіи Лебедя. Красивое скопленіе, диаметръ котораго равенъ 8; оно состоитъ изъ звездъ отъ 13-ой до 15-ой величины, не очень тускло силованныхъ, въ центрѣ находится красноватая звезда 10-ой величины.

$AR = 325^{\circ} 11'$ ,  $D = 53^{\circ} 14'$  въ Лебедь. Весьма замѣательныя небесныя объекты. Это скопленіе имѣетъ видъ овальнаго кольца, образованнаго близко другъ къ другу находящимися звездами; диаметръ скопленія равенъ 4', въ центрѣ кольца находится рубиновая звезда отъ 9-ой до 10-ой величины.

Здѣсь можно отнести также необыкновенно красивое, богатое, шарообразное скопленіе, которое состоитъ изъ очень мелкихъ звѣздочекъ, и положеніе котораго определяется координатами  $AR = 242^{\circ} 47'$ ,  $D = 22^{\circ} 44'$ . Внутри этого скопленія въ серединѣ мая 1860 года появилась новая звезда, а по краямъ находятся 2 перемѣнныя звезды (§ 198, № 71).

На небѣ не мало также такихъ звездныхъ группъ, въ центрѣ которыхъ находятся тройныя звезды. Таковы, напр., слѣдующія звездныя группы.

$AR = 38^{\circ} 51'$ ,  $D = 12^{\circ} 21'$  въ созвѣздіи Персея. Красивая группа, состоящая приблизительно изъ 20 звездъ отъ 9-ой до 10-ой величины и изъ большого числа болѣе мелкихъ звездъ. Въ центрѣ находится двойная звезда.

$AR = 75^{\circ} 19'$ ,  $D = 36^{\circ} 55'$  въ созвѣздіи Возничато. Туслая группа, содержащая отъ 20 до 30 звездъ съ двойной звездой въ центрѣ.

$AR = 101^{\circ} 10'$ ,  $D = 6^{\circ} 35'$  въ Единорогъ. Богатое скопленіе, состоящее какъ бы изъ трехъ вѣтвей. Наибольшее протяженіе составляетъ около 20'. Главная звезда въ этомъ скопленіи двойная.

$AR = 122^{\circ} 12'$ ,  $D = 5^{\circ} 30'$  въ Единорогъ. Красивое, большое, богатое скопленіе, состоящее изъ звездъ отъ 9-ой до 12-ой величины, между которыми видѣется темное небо, устланное безчисленнымъ количествомъ маленькыхъ свѣтящихся точекъ. Въ центрѣ лежитъ двойная звезда.

$AR = 300^{\circ} 32'$ ,  $D = 35^{\circ} 30'$  въ созвѣздіи Лебедя. Въ группѣ, состоящей изъ 5 болѣе или менѣе яркихъ и множества мелкихъ звездъ находится одна двойная.

$AR = 300^{\circ} 58'$ ,  $D = 20^{\circ} 49'$  въ созвѣздіи Лисиды. Скопленіе, состоящее изъ большого числа звездъ отъ 9-ой до 12-ой величины; самая яркая изъ нихъ двойная.

$AR = 316^{\circ} 1'$ ,  $D = 50^{\circ} 26'$  въ Лебедь. Очень разбросанная группа, содержащая нѣсколько тройныхъ звездъ.

$AR = 358^{\circ} 0'$ ,  $D = 60^{\circ} 40'$  въ Цефей. Очень богатое скопленіе съ диаметромъ въ 4'. Состоитъ изъ звездъ отъ 11-ой до 12-ой величины; одна изъ нихъ двойная.

Здѣсь относится также упомянутая выше группа въ созвѣздіи Персея и звездное скопленіе Ислы въ созвѣздіи Рака, въ центрѣ котораго также находится двойная звезда.

Въ перечисленныхъ группахъ двойныя звезды, если не всегда, то по большей части, лежатъ въ самомъ центрѣ скопленія, и по яркости онѣ обыкновенно превосходятъ всѣ остальные звезды. Также встрѣчаются такія группы, въ которыхъ слабая, весьма близкая



другъ отъ друга звѣзочки расположены вокругъ яркой центральной звѣзды Такова, напр., группа въ созвѣздіи Рака, положеніе которой определяется координатами,  $AR = 130^{\circ} 26'$ ,  $D = + 12^{\circ} 58'$ .

Выше нами уже была указана одна группа треугольной формы. Скопление подобной же формы находится еще въ созвѣздіи Кита; его положеніе определяется координатами  $AR = 0^{\circ} 1'$ ,  $D = - 21^{\circ} 16'$ , и оно состоитъ всего изъ 12 звѣздъ. Въ созвѣздіи Лициды находится четьрехугольная группа, состоящая изъ близко стоящихъ другъ къ другу звѣздъ отъ 12-ой до 14-ой величины. Длина этого скопления равна 4, ширина 1,5'. Положеніе его определяется координатами,  $AR = 291^{\circ} 34'$ ,  $D = - 20^{\circ} 4'$ .

Въ Кассіопеѣ ( $AR = 346^{\circ} 47'$ ,  $D = - 60^{\circ} 2'$ ) лежитъ яркая группа, состоящая изъ звѣздъ, близко стоящихъ другъ отъ друга и расположенныхъ въ два ряда, между которыми разбѣяно много мелкихъ звѣздочекъ. Вообще въ подобныхъ группахъ большія яркія звѣзды нѣрѣдко бывають сгруппированы такъ правильно, что такое расположеніе ихъ нельзя считать явленіемъ случайнымъ. Особенно же вниманію заслуживаютъ въ этомъ отношеніи тѣ скопления, въ которыхъ ясно обнаруживается правильное расположеніе звѣздъ по кривымъ линиямъ, образующимъ роль спиралей, причемъ какъ въ началѣ, такъ и въ концѣ этой спирали находятся болѣе или менѣе яркія звѣзды. Замечательны эти звѣздыя группы въ Россомѣ (§ 209). Примеромъ такихъ скопленій можетъ служить упомянутая выше звѣздная группа въ Змѣенцѣ ( $AR = 267^{\circ} 45'$ ,  $D = - 19^{\circ} 0'$ ).

Подобное же спиралеобразное строеніе обнаруживаетъ болѣе или очень яркія звѣздная группа въ созвѣздіи Близнецовъ ( $AR = 90^{\circ} 40'$ ,  $D = - 24^{\circ} 21'$ ).

§ 203 **Большія туманности.** Уже выше было замѣчено, что мнотва отдельныхъ скопленій, разсматриваемыя при помощи слабыхъ трубокъ, представляются намъ въ видѣ болѣе или менѣе яркихъ туманныхъ пятенъ, и что только въ очень сильное телескопы они могутъ быть разрѣшены на отдѣльныя звѣзды, изъ которыхъ они собственно и состоятъ. Впрочемъ, послѣднее справедливо и для такихъ небесныхъ объектовъ, которые такъ велики, что астрономическіе инструменты кажутся намъ туманностями, такъ какъ всего перарѣшимаго на отдѣльныя звѣзды туманностей уменьшется съ каждою новыю увеличеніемъ оптической части инструментовъ. Поэтому мы могли бы считать тѣ туманныя образования также съ большими скопленіями или состоящими изъ слишкомъ мелкихъ и слабыхъ звѣздъ, или отстоящими такъ далеко отъ насъ, что ихъ невозможно разложить на отдѣльныя звѣзды. Однако, несомнѣнно, что между этими удивительными небесными объектами есть много такихъ, которые не состоятъ изъ отдѣльныхъ звѣздъ, а представляютъ собою совершенно особія образования и являютъ свѣтящимися туманностями, не по виду только, но и въ дѣйствительности.

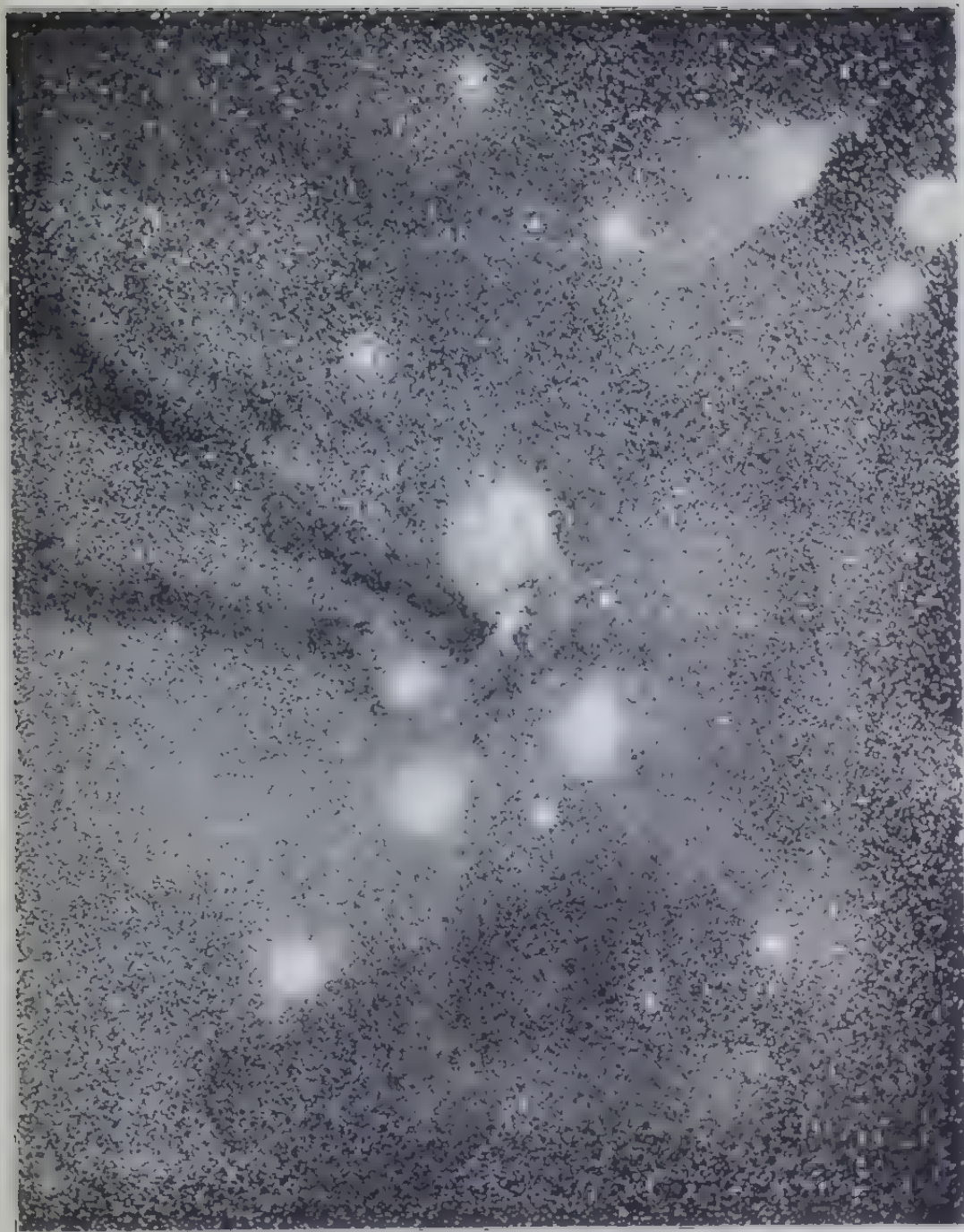
Звѣда относится прежде всего отдѣльныя области неба сплошь, на протяженіи нѣсколькихъ градусовъ, покрытыя туманной массой. Эти туманная массы отличаются только болѣею яркостью въ сравненіи съ окружающимъ ихъ темнымъ фономъ неба, но также и особеннымъ видомъ, напоминающимъ челушъ, или хлопья, и нѣрѣдко онѣ обладаютъ еще незначительною яркостью, и ихъ границы бывають настолько неопредѣленны и размыты, что распознать эти туманности на небѣ удается лишь съ большими трудомъ. Ниже для нѣкоторыхъ туманностей даны размѣры въ квадратныхъ градусахъ, причемъ для сравненія надо имѣть въ виду, что видимый дискъ солнца или луны занимаетъ приблизительно всего  $\frac{1}{4}$  квадратнаго градуса. Следовательно, туманность, раскинувшаяся, напр., на 5 квадратныхъ градусовъ, занимаетъ на небѣ площадь, въ 20 разъ превосходящую площадь, занимаемую солнцемъ. Подобнымъ же образомъ туманность въ 8 квадратныхъ градусахъ по площади въ 32 раза болѣе солнца. Если такая туманность находится отъ насъ на разстояніи, равномъ одной ступени звѣздныхъ разстояній (§ 175), иначе говоря — на

расстоянии 31 биллиона километров, то ее диаметр должен составлять 1,7 биллионов километров, то есть он должен в 300 раз превосходить большую ось орбиты Урана, равную круглым числом 5700 миллионам километров. о столь грандиозных размерах даже при самом пыльном воображении, совершенно невозможно составить себе сколько-нибудь правильного понятия.

Туманности:	<i>AR.</i>	<i>D.</i>	Число квадр. град.
Въ созвѣдїи Рыбъ . . .	4° 15'	+ 4° 0'	7,6
» » Андромеды . . .	10 0	+ 43 21	8,6
» » Возничаго . . .	79 0	+ 25 0	3,4
» » Орїона . . .	82 35	— 4 34	4,6
» » Волонаса . . .	210 5	+ 34 1	1,6
» » Водолея . . .	311 25	— 2 23	4,1

Здѣсь привели только не все туманности, а перечислены лишь самыя большыя изъ нихъ, открытыя еще В. Гершелемъ, которому кромѣ нихъ было извѣстно еще такое множество мелкихъ туманныхъ пятенъ, что, если бы ихъ соединить все вмѣстѣ, то они могли бы на плоскомъ свѣтѣ покрывать въ 200 квадратныхъ градусахъ. Благодаря усовершенствованію, и особенно, благодаря фотографическимъ снимкамъ неба при экспозиции въ полчаса часовъ, въ послѣднее время удалось открыть нѣсколько еще болѣе значительныхъ туманностей. Такъ, еще бы можно сомнѣваться, что большая часть созвѣздія Орїона покрыта бѣлою туманною дымкою, включая сюда и яркую туманность около звезды  $\theta$ ; только такъ же, по наблюдениямъ Барнарда, кромѣ отдѣльных туманныхъ пятенъ, которыя уже давно были открыты въ этой группѣ. Шварцъ и въ ея окрестностяхъ, къ сѣверу отъ этой группы, обнаружилъ еще огромная туманная масса. Тотъ же наблюдатель открылъ также и  $\rho$  туманность — самую туманность, которая охватываетъ также Антареса и  $\nu$  Скорпиона (см. приближенную при семъ таблицу). Затѣмъ Максъ Вольфъ открылъ нѣсколько большыхъ туманностей въ Кассіопеѣ и замѣтить, что въ этомъ созвѣздіи наиболѣе большыя звезды обогаты значительными количествами туманныхъ массъ. Точно также Шварцъ открылъ большую туманность, занимающую въ 200 квадратныхъ градусахъ почти  $\xi$  Персея (*AR* = 69° 14', *D* = 46° 8'). Словомъ, число яркихъ туманностей разбѣившихся по мировому пространствѣ, по видимому, необыкновенно велико.

Кромѣ только-что описанныхъ, во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково слабыхъ туманностей, встрѣчаются также и такія, среди которыхъ замѣтны отдѣльныя болѣе яркія мѣста или такъ называемыя свѣтовые узлы. Эти узлы очень часто имѣютъ круглую форму, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда ихъ яркость быстро увеличивается, по мѣрѣ приближенія къ ихъ центру. Кромѣ того, часто встрѣчаются близкія другъ къ другу, но совершенно отдѣльныя туманности, по своему виду очень похожія на свѣтовые узлы. Такъ въ созвѣздіи Волосъ Вершики (*AR* = 193° 40', *D* = 28° 30') въ пространствѣ этой четверти квадратнаго градуса, находится 8 подобныхъ туманностей, въ Андромедѣ (*AR* = 19° 31', *D* = 32° 46'), 7, въ созвѣздіи Лира (*AR* = 179° 46', *D* = 20° 53') 6 и т. д.; наконецъ, примѣры, какъ внутри одного пространства лежатъ 4 или 5 подобныхъ туманностей — никоимъ образомъ не привнесены къ числу яркихъ. Но всеи вѣроятности, эти группы туманностей, сходныхъ съ свѣтовыми узлами, суть только болѣе свѣтлая мѣста группъ болѣе значительныхъ туманностей, остальныя части которыхъ не видны вследствие ихъ весьма незначительной яркости. Замѣчательно, что въ созвѣздіи Дѣвы находится весьма большое число такихъ, если можно такъ выразиться, туманныхъ ядеръ, и, напр., Гершелемъ неоднократно приходилось наблюдать, что въ течение получаса въ полѣ зрѣнія неподвижно — стекломъ проходило до 30 такихъ ядеръ, эти ядра имѣютъ такой видъ, какъ-будто они являются результатомъ разрыва большой туманности или же представляютъ собою



Скопленіє туманностей около звѣзд  $\alpha$  (Антаресь) и  $\gamma$  Scorpi, по фотографіи Бурнарда.

мѣстныя сгущенія этой послѣдней. Созвѣздіе Дѣвы является собственно лишь начальнымъ пунктомъ огромнаго скопища такихъ туманныхъ ядеръ, которая въ значительномъ числѣ встрѣчаются также въ созвѣздіяхъ Волосъ Береники, Большой Медвѣдицы, Андромеды и Сѣверныхъ Рыбъ; конечный же пунктъ этого скопища находится около головы Центавра.

§ 204. **Туманности правильной формы** Туманности этого рода всегда имѣютъ или эллиптическую, или почти круглую форму (см. таблицу, приложенную къ стр. 663). Круглыя туманности по большей части обладаютъ свѣтлымъ ядромъ, граница котораго concentрична съ вѣншимъ очертаніемъ всей туманной массы. Кромѣ того, круглыя туманности обыкновенно гораздо легче поддаются разложенію на отдѣльныя звѣзды, чѣмъ эллиптическія. Правильныя туманности отличаются отъ предыдущихъ большою яркостью и малыми размѣрами. Къ правильнымъ туманностямъ принадлежатъ слѣдующія

$AR = 19^{\circ} 54'$ ,  $D = + 9' 1''$  въ созвѣздіи Рыбъ. Свѣтлая, круглая туманность, яркость-которой довольно быстро увеличивается, по мѣрѣ приближенія къ центру. Диаметръ туманности равенъ  $1'$ .

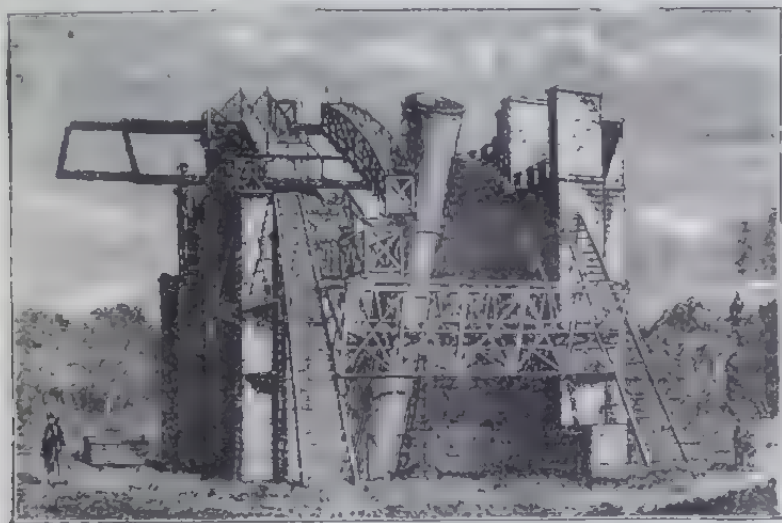


Рис. 245

$AR = 129^{\circ} 5'$ ,  $D = + 50^{\circ} 34'$  въ Большой Медвѣдицѣ. Довольно свѣтлая, узкая эллиптическая туманность, которая въ серединѣ сразу становится болѣе яркою; ея ширина равна  $20''$ , длина —  $30''$

$AR = 146^{\circ} 50'$ ,  $D = - 69^{\circ} 32'$  въ Большой Медвѣдицѣ. Красивая, эллиптическая, очень широкая туманность, съ слабыми дугообразными отростками по краямъ. По мѣрѣ приближенія отъ краевъ туманности къ центру, ея яркость увеличивается сначала медленно, а затѣмъ необыкновенно быстро. Самъ ясный центръ имѣетъ  $1'$  въ длину и  $3'$  въ ширину. Она была открыта въ 1774 г. астрономомъ Бюде. Востокъ въ  $0,5'$  къ северу отъ нея лежитъ другая туманность совершенно такого же характера, но менѣе большихъ размѣровъ и болѣе слабая по яркости

$AR = 176^{\circ} 54'$ ,  $D = - 44' 41''$  въ Большой Медвѣдицѣ. Замѣчательно красивая, яркая круглая туманность, диаметръ отъ 3 до 4 минутъ. Края очень размывы, яркость постепенно увеличивается по направлению къ центру.

$AR = 271' 40''$ ,  $D = - 6' 49''$  въ Звѣзочинѣ. Прекрасная туманность, круглая и очень рѣзко очерченная. Яркость ея очень значительна, и туманность имѣетъ сходство со звѣздой 8-9-ой величины. Свѣтъ ея бѣловатый и тусклый, но подобенъ свѣту звезды. Видна уже въ сумерки. Диаметръ составляетъ  $8''$ .

$AR = 338^{\circ} 7'$ ,  $D = 33^{\circ} 54'$  в созвездии Пегаса. Очень свѣтлая, эллиптическая, довольно широкая туманность, но направлению къ центру яркость быстро увеличивается, длина туманности равна  $90''$ , ширина— $30''$ . Очень близко отъ этой туманности находится другая, болѣе слабая, діаметръ которой равенъ  $16''$ .

§ 205. **Двойныя туманности.** Часто случается, что двѣ туманности, подобно неподвижнымъ звѣздамъ, такъ близко стоятъ одна надъ другой, что невольно является мысль о существованіи между ними тѣсной физической связи. Нѣрѣдко двѣ туманности, находящіяся очень близко одна отъ другой, бывають соединены другъ съ другомъ небольшою полоскою туманной массы, такъ что можно прослѣдить переходъ одной туманности въ другую. Иногда на краяхъ одной изъ двухъ близкихъ туманностей бывають замѣтны выступы; другая же на краяхъ обладаетъ впадинами, которыя по размѣрамъ и формѣ вполне соответствуютъ выступамъ первой туманности. Благодаря огромному зеркальному телескопу Россса (рис. 245), удалось показать, что у некоторыхъ двойныхъ туманностей дѣйствительно существуетъ связь между составляющими, такъ какъ обѣ эти составляющія окружены, и вообще прилегающая къ нимъ часть небѣ вполне заполнена весьма разрѣженной туманной массой, невидимой въ небольшіе астрономическіе инструменты. При этомъ составляющія двойной туманности часто образуютъ какъ бы ядра этой болѣе значительной туманной массы. Къ числу двойныхъ туманностей относятся слѣдующія:

$AR = 109^{\circ} 49'$ ,  $D = 29^{\circ} 41'$  в созвѣздіи Близнецовъ. Центральныя части обѣихъ соприкасающихся туманностей настолько ярки, что онѣ блещутъ почти какъ звѣзды. Расстояние между этими ядрами составляетъ  $30''$ . Яркость быстро уменьшается по направлению къ краямъ. По наблюдениямъ Россса, между ядрами находится слабенькая звѣздочка, и отъ обѣихъ ядеръ исходятъ лучи туманной массы, кромѣ того, эти ядра какъ бы окружены сегментами другой туманной оболочки (рис. 246).



Рис. 246.

$AR = 179^{\circ} 12'$ ,  $D = 18' 19''$  в созвѣздіи Чашы. Двѣ крупныя, переходящія одна въ другую туманности, въ центральныхъ частяхъ обѣ онѣ гораздо ярче, чѣмъ по краямъ.

$AR = 185^{\circ} 15'$ ,  $D = + 34^{\circ} 4'$  в созвѣздіи Гончихъ Псовъ.

Почти такая же пара, какъ и предыдущая, но только болѣе значительная по величинѣ. Длина всей системы этихъ двухъ туманностей составляетъ  $10''$ , а ширина 3. Вблизиости находятся еще двѣ туманности, которыя съ предыдущими образуютъ гранцію.

$AR = 187^{\circ} 52'$ ,  $D = 11^{\circ} 48'$  в созвѣздіи Волосъ Вереники. Очень красивая двойная туманность, обѣ составляющія свѣтлыя круглыя и въ центральныхъ частяхъ болѣе яркія. Диаметры ихъ соответственно равны  $45''$  и  $60''$ .

$AR = 189^{\circ} 46'$ ,  $D = 32^{\circ} 43'$  в созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Двѣ эллиптическия, заостренныя на концахъ туманности. Оба эти эллипса соприкасаются другъ съ другомъ и расположены такъ, что ихъ оси взаимно перпендикулярны. Большая туманность свѣтлѣе, и у обѣихъ яркость сильно увеличивается къ центру.

$AR = 225^{\circ} 44'$ ,  $D = 19^{\circ} 57'$  в Волосахъ. Обѣ туманности эллиптической формы онѣ почти касаются другъ друга, и оси ихъ составляютъ приблизительно одну прямую линію.

§ 206. **Планетарныя и кольцеобразныя туманности.** Планетарныя туманности представляются намъ, какъ и планеты, въ видѣ круглыхъ рѣзко очерченныхъ дисковъ, имѣющихъ повсюду одинаковую яркость, безъ усиленія послѣдней въ центрѣ. Нѣкоторыя изъ нихъ, кромѣ того, окружены болѣе слабымъ туманнымъ кольцомъ, какъ бы кольцеобразной атмосферой. Поверхность этихъ туманностей имѣетъ такой видъ, какъ-будто они покрыты чешуей и хлопьями; но это несколько не устраняетъ ихъ отличительной особенности — равномерной яркости по всей чашѣ ихъ диска. Отсутствие усиленія яркости къ центру,



Спиральная туманность въ Охотничьихъ собакахъ.



Кольцевая туманность въ Лирь

которое непременно замечалось бы, если бы эти туманности имели шарообразное строение. позволяет думать, что они представляют собою плоские диски или пустые внутри сферы. Несколько туманности, по видимому, и действительно являются полными сферами, так как лорд Россъ замечил, что при наблюдении планетарных туманностей, при помощи его колоссального рефлектора, у многих из них исчезают и правильность строения и, в особенности, равномерность их блеска действительно, в поле зрения этого рефлектора они кажутся кольцеобразными с пустотой в срединѣ, причемъ это пустое пространство такъ мало, что его нельзя видѣть при слабomъ увеличении. Замечательно также, что известная туманность въ созвѣздіи Лиры, въ телескопы средней силы представляющаяся кольцеобразной (см. приложенную при семь таблицу), при слабomъ увеличении имѣетъ видъ обыкновенной планетарной туманности. Часто случается, что такія туманности окружены множествомъ мелкихъ звездъ. Точно также бросается въ глаза ихъ голубая окраска, которая такъ рѣдко встрѣчается у одиночныхъ звездъ. Только будущія наблюдения могутъ дать намъ точныя свѣдѣнія объ этихъ загадочныхъ небесныхъ тѣлахъ.

$AR = 34^{\circ} 5$ ,  $D = + 41^{\circ} 54$  въ Андромедѣ. Очень слабая, эллиптическая туманность. Длина ея составляетъ 4", а ширина 40". Въ срединѣ ея замѣтно темное продолговатое пространство, внутри котораго находятся двѣ маленькія звездочки. По всей вѣроятности, это темное мѣсто есть отверстие кольца, плоскость котораго слишкомъ сильно наклонена къ лучу нашего зрѣнія, вследствие чего она и кажется намъ узкой эллиптической полоской.

$AR = 84^{\circ} 9$ ,  $D = - 9^{\circ} 2$  въ Оронѣ. Планетарная туманность диаметромъ въ 12". Она имѣетъ слегка эллиптическую форму и не рѣзко очерчена.

$AR = 114^{\circ} 19$ ,  $D = - 14^{\circ} 30$  въ Кораблѣ Арго. Планетарная туманность совершенно круглая: діаметръ ея равенъ 56". Внутри, нѣсколько къ сѣверу отъ центра, находится слабая звездочка; эта туманность лежитъ на сѣверномъ концѣ красной звездной группы.

$AR = 167^{\circ} 14$ ,  $D = - 55^{\circ} 33$  вблизи  $\beta$  Большой Медвѣдицы. Самая большая изъ планетарныхъ туманностей. Она имѣетъ видъ большого, равномерно освѣщеннаго, совершенно правильнаго, но не рѣзко очерченнаго туманнаго диска. На краяхъ яркости туманности сразу уменьшается. Россъ замѣтилъ внутри туманности два темныхъ пятна со свѣлыми центрами; вся туманность казалась ему неравномерно освѣщенной. Діаметръ туманности составляетъ около 3'.

$AR = 191^{\circ} 37$ ,  $D = - 73^{\circ} 25$  въ созвѣздіи Дракона. Довольно слабая круглая туманность, діаметромъ въ 40". Средняя часть, діаметромъ около 30", освѣщена совершенно равномерно.

$AR = 282^{\circ} 27$ ,  $D = - 32^{\circ} 54$ . Красное, кольцеобразное, туманное пятно въ созвѣздіи Лиры, единственный небесный объектъ этого рода, который даже въ слабые телескопы сохраняетъ особенности, характерныя для этой группы туманностей (см. приложенную при семь таблицу, маленькій рисунокъ, въ углу направо). Оно находится между двумя яркими звездами  $\delta$  и  $\gamma$  Лиры. Внѣшній діаметръ кольца достигаетъ 1". Внутреннее отверстие кольца въ сильные телескопы не представляется такимъ же темнымъ, какъ и внѣшній фонъ неба, но оно, по видимому, заполнено болѣе разрѣженной туманной массой (см. указанную таблицу, большой рисунокъ). Вся туманность имѣетъ видъ обруча, затянутого кувалью. Лордъ Россъ, Секки и Шалкоршакъ подлагали, что эту туманность можно разложить на отдѣльныя звезды, но они были неправы, такъ какъ спектръ этой туманности состоитъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линий, т. е. является характернымъ спектромъ свѣщающагося газа. Съ начала XIX-го столѣтія неоднократно замѣчали вблизи центра кольца слабую звездочку, которую по временамъ нельзя было видѣть даже въ самые сильные инструменты, такъ что она, по всей вѣроятности, является переменною звездой. Въ 1886 году она огпечатывалась также на фо-

тографическомъ снимкѣ туманности, полученномъ Готтардомъ, и съ тѣмъ поръ при продолжительной экспозиции она неоднократно выходила на фотографическихъ пластинкахъ. Замѣчательно, что не только эта звездочка, но также и туманная дымка внутри кольца на фотографическихъ снимкахъ выступаютъ гораздо отчетливѣе, чѣмъ при непосредственныхъ наблюденіяхъ; изъ этого слѣдуетъ, что внутреннія части этого свѣтила гораздо богаче химическими лучами, чѣмъ вѣншія.

$AR = 294^{\circ} 35$ ,  $D = - 14^{\circ} 23'$  въ созвѣздіи Стрѣльца. Свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность — диаметръ ея равенъ 10; по яркости она сравнима со звѣздой 9-ой величины. Очень близко отъ этой туманности лежать двѣ звездочки. Секки сообщаетъ, что эту туманность можно разложить на отдѣльныя звѣзды.

$AR = 303^{\circ} 6$ ,  $D = - 30^{\circ} 16$  въ Лѣбедь. Одна изъ самыхъ большихъ планетарныхъ туманностей, круглая, очень рѣзко очерчена, края ея гораздо ярче, чѣмъ середина, потому она имѣетъ кольцеобразную видъ и похожа на известную туманность въ созвѣздіи Лирь.

$AR = 304^{\circ} 28$ ,  $D = - 19^{\circ} 47$  въ созвѣздіи Лисицы. Маленькая, свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность; по краямъ она нѣсколько размыта. Диаметръ ея составляетъ отъ 20 до 30. Поблизости отъ нея находится четыре маленькія звездочки.

$AR = 314^{\circ} 41$ ,  $D = - 11^{\circ} 46$  вблизи  $\gamma$  Водолея. Маленькая, свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность съ голубоватымъ оттѣнкомъ; яркость ея по всѣмъ частямъ совершенно одинакова. По наблюденіямъ Росселя, края этой туманности имѣютъ лучеобразную форму и на двухъ диаметрально противоположныхъ концахъ ея видны двѣ острыхъ тѣнѣ (рис. 247). Дассель на Мальтѣ въ трубу съ сильнымъ увеличеніемъ



Рис. 247.

замѣтилъ внутри туманности свѣтлое, почти вездѣ одинаково широкое, эллиптическое кольцо, рѣзко очерченное и не находящееся въ связи съ окружающею это туманностью. Плоскость этого кольца почти перпендикулярна къ лучу нашего зрѣнія. Въ центрѣ кольца находится свѣтлая звѣзда. Веласителю напоминаетъ своимъ видомъ гбеную группу свѣтящихся точекъ, подобную млечному пути. Большая ось эллиптическаго кольца равна 26, малая — 17.

$AR = 350^{\circ} 16$ ,  $D = - 41^{\circ} 59$  въ Андромедѣ. Планетарная, совершенно круглая туманность съ вѣтвистого шифа, диаметромъ въ 15. По своему виду она отличается отъ другихъ туманностей и производитъ впечатлѣніе звѣзды помѣщенной въ фокусъ телескопа. По Росселю, она имѣетъ форму кольца, окруженнаго слабо свѣтящимся сияніемъ. Недалеко отъ туманности находится двойная звѣзда.

Къ этой категоріи туманностей принадлежатъ также такія, внутри которыхъ находится темная пространства, представляющая собою или настоящія отверстія, или менѣе богатая звѣздами части туманностей. Сюда относятся:

$AR = 188^{\circ} 42$ ,  $D = - 11^{\circ} 3$  въ созвѣздіи Дѣвы. Свѣтлая, имѣющая эллиптическую форму туманность, длиною въ 5, шириною въ 0,5. Более яркое ядро лежитъ какъ будто отдѣльно отъ самой туманности, такъ какъ они раздѣлены другъ отъ друга темнымъ просветомъ. Вся эта своеобразная система окружена тонкой туманной матеріей, имѣющей эллиптическую форму.

$AR = 269^{\circ} 4$ ,  $D = - 23^{\circ} 2'$  въ созвѣздіи Стрѣльца. Витобразная распадается на три островка туманности (рис. 248). Внутри туманности лежитъ тройная звѣзда, но тѣ, которыя находятся темное отверстіе неправильной формы (рис. 248).

§ 207. Туманные звѣзды. Подъ этимъ именемъ разумѣютъ яркія звѣзды окруженныя шарообразной туманностью; впрочемъ, Россель показалъ, что у нѣкоторыхъ изъ нихъ ядро, кажущееся самостоятельной звѣздой, представляетъ собою собственно собраніе оромуго числа звѣздъ, тѣсно къ нимъ и близкимъ другъ къ другу, что даже при сильномъ увеличеніи все ядро имѣетъ видъ обыкновенной звѣзды.



$AR = 1^{\circ} 55'$ ,  $D = +71^{\circ} 58'$  в Цефее. Звезда 10-й величины с круглым резко выделяющимся светлым ореолом, диаметр которого равен 15.

$AR = 60^{\circ} 45'$ ,  $D = +30^{\circ} 31'$  в Гельфе. Звезда 8-9-ой величины, окруженная здесь слабой туманной оболочкой диаметром в 25'. Несколько весьма близкая к ней звезда совершенно лишена туманного ореола.

$AR = 82^{\circ} 47'$ ,  $D = -1^{\circ} 16'$  в Орионе. Красивая звезда, окруженная очень большой туманностью.

$AR = 96^{\circ} 48'$ ,  $D = -10^{\circ} 14'$  в созвездии Близнецов. Звезда 11-ой величины окруженная круглой, бледной туманностью, которая по краям сильно размыта. Свет этой звезды тусклый. Диаметр туманности составляет от 70" до 80".

$AR = 110^{\circ} 49'$ ,  $D = -21^{\circ} 7'$  в созвездии Близнецов. Звезда 8-ой величины, находящаяся почти в центре круглой и светлой туманности, диаметр которой равен 12'. Эта туманность, по наблюдениям Росса, имеет форму кольца с тучами по краям.

$AR = 132^{\circ} 20'$ ,  $D = -2^{\circ} 41'$  в созвездии Гидры. Эллиптическая, с обоими концами сильно заостренная туманность. В каждом острей находится по слабой звезде, из которых одна 9-ой, а другая 13-ой величины.

$AR = 154^{\circ} 55'$ ,  $D = -17^{\circ} 10'$  в Большом Льве. Звездочка 9-ой величины с эллиптической туманностью. Положение звезды не совпадает с центром туманности.

$AR = 158^{\circ} 8'$ ,  $D = +54^{\circ} 2'$  к югу от  $\beta$  Большой Медведицы. Круглая, светлая туманность, по направлению к центру яркость ее сильно возрастает. Диаметр всей туманности равен 1', диаметр круглого, яркого ядра составляет 15".

$AR = 171^{\circ} 59'$ ,  $D = -47^{\circ} 36'$  в созвездии Большой Медведицы. Длинная, светлая туманность эллиптической формы. Яркость ее увеличивается от краев к центру сначала медленно, а потом, ближе самого центра очень быстро. В самом центре лежит звездочка 13-ой величины. Видимый диаметр всей туманности составляет около 4', длину ядра 2'. В северной ее части находится звезда 10-ой величины.

$AR = 185^{\circ} 3'$ ,  $D = -5^{\circ} 29'$  в созвездии Дельты. Звезда 9-ой величины, окруженная светлым, круглым ореолом, который можно видеть уже в сумерки.

$AR = 188^{\circ} 8'$ ,  $D = -12^{\circ} 20'$  в созвездии Дельты. Светлая звезда 9-ой величины и несколько других более слабых звездочек окружены тонкой туманной массой.

$AR = 191^{\circ} 22'$ ,  $D = -26^{\circ} 3'$  в созвездии Волосяной Веревки. Звезда или, скорее, маленькое, блестящее ядро, окутанное большой овальной туманностью, длина которой достигает 4', а ширина равна 3'.

$AR = 349^{\circ} 6'$ ,  $D = -60^{\circ} 38'$  в созвездии Цефея. Звезда 9-ой величины, окруженная слабо светящейся круглой туманностью.

Некоторые из относившихся к этой категории туманностей, но большей части круглой или эллиптической формы, являются оболочками для двойных или даже тройных звезд. Нередко также можно наблюдать, что 4 или 5 звезд, при довольно значительном расстоянии между ними, окутаны одной и той же туманностью, а иногда даже встречаются отдельные, круглые звездные скопления, окруженные широким туманной массой. Туманности этого рода нередко имеют вид длинной узкой полоски, проходящей через несколько звезд и как бы соединяющей их в одно общее облако, в одну систему. Иногда две яркие звезды лежат в вершинах или в фокусах эллиптической туманности. В большинстве случаев, уже с первого взгляда на эти замечательные образования, видно, что туманность и звезды связаны друг с другом и составляют как бы особую систему. В том случае, когда звезда лежит в самом центре круглой туманности, едва ли можно сомневаться в существовании внутренней зависимости этих двух тел, но и в том случае, когда звезды расположены отдельно от туманностей, все же их положение часто бывает настолько замечательным, что лишь с большим

трудомъ можно было бы его приписать простому случаю или оптическому обману. Ниже перечислены некоторые изъ небесныхъ объектовъ, обладающихъ тою или другою изъ указанныхъ особенностей.

$AR = 18^{\circ} 13'$ ,  $D = +57^{\circ} 48'$  въ созвѣздіи Кассіопеи. Двойная звѣзда; болѣе яркая составляющая 9-ой величины, расстояние между составляющими равно  $12''$ . Она находится въ серединѣ большой круглой туманности или, скорѣе, звѣзднаго скопления.

$AR = 26^{\circ} 50'$ ,  $D = +40^{\circ} 14'$ : 55 Андромеды. Слабая двойная звѣздочка, съ круглымъ ореоломъ, діаметръ котораго равенъ  $90''$ . Открыта Фламестидомъ.

$AR = 81^{\circ} 12'$ ,  $D = +34^{\circ} 10'$  въ созвѣздіи Возничато. Круглая туманность, окружающая тройную звѣзду. Последнія составляють равносторонній треугольникъ, каждая изъ сторонъ котораго равна  $4''$ . Звѣзды эти 9-ой, 11-ой и 12-ой величины. Некоторымъ наблюдателямъ туманность представлялась не круглой, но имѣющей также видъ приблизительно равносторонняго треугольника, причемъ положеніе и форма этого втораго треугольника представляютъ полное подобіе съ фигурой, образованной звѣздами.

$AR = 104^{\circ} 51'$ ,  $D = -11^{\circ} 10'$  въ созвѣздіи Единорога. Двойная звѣзда въ центрѣ круглой туманности.

$AR = 192^{\circ} 57'$ ,  $D = +22^{\circ} 14'$  въ созвѣздіи Волосъ Вереники. Трудно раздѣлимая двойная звѣзда, окруженная круглой, свѣтлой и большой туманностью, діаметръ которой равенъ 6. Вблизи звѣзды находится черное пятнышко; можетъ-быть, это есть отверстие въ туманности.

$AR = 272^{\circ} 47'$ ,  $D = -19^{\circ} 55'$  въ Стрѣльцѣ. Свѣтлая, эллиптическая туманность. Въ каждомъ фокусѣ эллипса находится по звѣздѣ. Большая полюсь видна подъ угломъ въ  $50^{\circ}$  (рис. 248).

Рис. 248.

$AR = 325^{\circ} 10'$ ,  $D = +65^{\circ} 39'$  въ созвѣздіи Цефея. Тройная звѣзда, находящаяся по серединѣ слабой, верѣшко очерченной туманности.

§ 208. Звѣзды съ туманными лучами. Въ этихъ небесныхъ галахъ звѣзды лежатъ вблизи самой границы туманностей, причемъ послѣднія имѣютъ часто самую причудливую форму, какъ это видно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

$AR = 25^{\circ} 56'$ ,  $D = +5^{\circ} 25'$  въ Рыбахъ. Звѣзда 9-ой величины находится на концѣ очень слабой туманности, имѣющей видъ узкой, прямилинейной полоски.

$AR = 98^{\circ} 26'$ ,  $D = +8^{\circ} 50'$  въ созвѣздіи Единорога. Звѣзда 11-ой величины съ свѣтлымъ вѣерообразнымъ хвостомъ. Какъ длина, такъ и наибольшая ширина

этого туманнаго хвоста составляетъ около  $1'$ . Его острый конецъ, повидимому, не касается звѣзды; эта послѣдняя кажется матовой, и очертанія ея очень неясны. По Россу, звѣзда лежитъ вблизи маленькой, круглой туманности, и уже за этой туманностью, совершенно отдѣльно отъ нея, начинается другая, большая вѣерообразная туманность (рис. 249).

Рис. 249.

$AR = 127^{\circ} 12'$ ,  $D = -15^{\circ} 48'$  въ созвѣздіи Единорога. Звѣзда 12-ой величины съ туманной кисточкой, длиною въ  $15''$ .

$AR = 132^{\circ} 56'$ ,  $D = +54^{\circ} 9'$  въ Большой Медвѣдицѣ. Звѣзда отъ 10-ой до 11-ой величины съ свѣтлымъ вѣерообразнымъ придаткомъ. Въ самой туманности видна еще одна очень слабая звѣздочка.

$AR = 164^{\circ} 32'$ ,  $D = -18^{\circ} 40'$  въ созвѣздіи Большого Льва: Между двумя звѣздочками лежитъ туманность, имѣющая видъ электрической искры.

$AR = 168^{\circ} 47'$ ,  $D = +14^{\circ} 8'$  въ созвѣздіи Большого Льва. Очень длинная и узкая туманная полоска, болѣе яркая посерединѣ. Длина равна  $15'$ , а ширина  $1''$ .

$AR = 182^{\circ} 42'$ ,  $D = +13^{\circ} 43'$  въ Большомъ Львѣ. Очень свѣтлая эллиптическая, перетеенообразная туманность. Діаметръ ея равенъ  $7'$ . Внутри яркаго ядра лежитъ маленькая звѣздочка.

$AR = 187^{\circ} 51$ ,  $D = -26^{\circ} 32$  в созвездии Вереники. Очень длинная туманная полоска с слабым ядром, в центрѣ которой лежитъ звѣздочка 10-ой величины. Длина этой туманности равна 15, ширина 0,5. Немного от нея лежитъ другая параллельная ей туманная полоска меньшихъ размѣровъ.

$AR = 193^{\circ} 34$ ,  $D = +35^{\circ} 24$  в созвездии Гонимыхъ Псовъ. Маленькая слабо свѣтящаяся эллиптическая туманность, соединяющая двѣ звѣздочки 9-ой и 11-ой величины, находящіяся на ея концахъ.

$AR = 193^{\circ} 54$ ,  $D = +3^{\circ} 2$  в созвездии Дѣвы. Звѣзда 9-ой величины къ ней прикасается край маленькой овальной туманности.

§ 209. **Спиральные туманности** Изъ гнѣз небесныхъ объектовъ, съ которыми мы познакомились лишь благодаря могущественнымъ оптическимъ инструментамъ новаго времени, въ особенности благодаря гигантскимъ рефлекторамъ Росса и Десселя, безспорно, самыми интересными являются туманности съ спиралеобразнымъ распределеніемъ матеріи. Число такихъ туманностей весьма велико, но только ихъ спиральное строеніе



Рис. 250.

можно видѣть исключительно при помощи самыхъ сильныхъ телескоповъ. Ниже и перечислены ваябоѣе характерныя изъ этихъ туманностей.

$AR = 141^{\circ} 38$ ,  $D = 21^{\circ} 56$  в созвездии Большого Льва. Въ телѣсную трубу эта туманность кажется эллиптической съ двумя звѣздными ядрами: ея большая ось достигаетъ 3'. По наблюденіямъ Росса, ядро болѣе яркое, вблизи ядра предстаетъ въ весьма рѣзкое скопленіе звѣздъ вокругъ этого ядра летитъ вѣсьма яркая вѣсьма блѣдная спираль матеріи, образующая основную часть туманности: въ этихъ-то завиткахъ и находится второе, болѣе слабое ядро.

$AR = 168^{\circ} 26$ ,  $D = +13^{\circ} 38$  в Большомъ Львѣ. Эллиптическая туманность съ круглымъ ядромъ: къ центру туманности яркость увеличивается. Длина всей туманности составляетъ около 4 минутъ: диаметръ ядра заключенъ въ предѣлахъ отъ 20" до 30". По наблюденіямъ Росса, эта туманность обладаетъ ясно выраженнымъ спиральнымъ строеніемъ (рис. 250).

$AR = 189^{\circ} 20$ ,  $D = +33^{\circ} 5$  в созвездии Гонимыхъ Псовъ. Очень длинная эллиптическая или веретенообразная полоса съ слабымъ ядромъ, в серединѣ котораго лежитъ довольно яркая звѣзда. Эта туманность въ длину достигаетъ на 15 и в ширину

когда искривлена. Вокруг нея находится маленькая круглая туманность. Первая туманность, по наблюдениям Росса, обладает спиральным строением, а вторая имеет эллиптическую форму.

$AR = 201^{\circ} 26'$ ,  $D = 47^{\circ} 44'$  в созвездии Гонимых Псовъ. Въ высшей степени интересная туманность. Мессье описываетъ ее какъ двойную, тогда какъ, по Гершелю, это свѣтлое круглое ядро, окруженное туманнымъ кольцомъ, какъ бы прорваннѣмъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, и имѣющее неподалеку отъ кольца туманнаго спутника (см. таблицу, приложенную къ стр. 671 маленькіе рисунки въ нижнихъ углахъ). Россу изъ его гигантскихъ телескоповъ главное ядро казалось лучистѣмъ: изъ ядра по разнымъ направленіямъ выходятъ спиральные завитки, причемъ болѣе яркіе изъ нихъ обнаруживаютъ ясныя слѣды разломанности въ болѣе слабій телескопъ туманность представляется кольцеобразною (см. вышеуказанную таблицу).



Рис. 251.

тогда въ особенности съ притомъ, что въ то время было обнаружено ея спиральное строение, считалась сначала двойной, а потомъ кольцеобразной. Напримѣръ, можно уже теперь съ зрѣлостью, близкою къ точности, утверждать, что туманность въ Близнецахъ ( $AR = 98^{\circ} 26'$ ,  $D = 8^{\circ} 50'$ , § 208) и голубая туманность въ Близнецахъ ( $AR = 103^{\circ} 49'$ ,  $D = 29^{\circ} 41'$ , § 205) принадлежатъ къ числу спиральныхъ. Въ то же время замѣчательно, что въ нѣкоторыхъ группахъ тоже замѣчается спиральное строение, въ что, впрочемъ, уже было указано въ своемъ мѣстѣ (§ 202). \* Напр., на рис. 251 изображена спиральная туманность въ созвездіи Рыбъ ( $AR = 22^{\circ} 45'$ ,  $D = 15^{\circ} 15'$ ), которую Мессье описывалъ какъ слабую, весьма большую шарообразную туманность. Иная рисунки представляютъ этотъ замѣчательный небесный объектъ по фотографіи, полученной Исаакомъ Робертсомъ въ декабрь 1893 года. Фотографія ясно показываетъ, что звѣзды расположены по завиткамъ спирали. \*

Говоря въ концѣ гл., что всѣ спиральныя туманности и цѣлый рядъ другихъ имѣю-

$AR = 344^{\circ} 59'$ ,  $D = 11^{\circ} 47'$ . Длинная веретенообразная туманность, въ  $2'$  длиною и въ  $30''$  шириною; по направленію къ центру яркость ея весьма правильно увеличивается. На каждомъ концѣ ея находится по звѣздѣ 11-ой величины, причемъ одна изъ нихъ нѣсколько сдвинута въ сторону отъ оси веретена. Внутри туманности замѣтны еще три очень слабѣнькихъ звѣздочки. По наблюдениямъ Росса, рядомъ съ этой веретенообразной туманностью находится еще другая спиральная, которая какъ бы касается первой.

Несомнѣнно, что съ постепеннымъ усовершенствованіемъ нашихъ наблюдательныхъ средствъ многія изъ перечисленныхъ въ предыдущихъ параграфахъ (§§ 204—208) туманностей окажутся спиральными, какъ это уже было съ только-что описанными туман-

щихъ неправильную, иногда весьма причудливую форму, устроены по одному и тому же образцу, за который онъ считаетъ некоторую определенную, типичную, спиральную туманность, поэтому онъ соединилъ все эти туманности въ отдельную группу и назвалъ ихъ вишневыми.

§ 210. **Некоторые другія замѣчательныя туманности.** При необыкновенномъ разнообразіи формъ, въ видѣ которыхъ представляются разбѣяныя по небу туманности ихъ нельзя все подвести подъ перечисленные выше типы. Поэтому ниже мы укажемъ еще некоторые замѣчательныя образования этого рода.

$AR = 82^{\circ} 7'$ ,  $D = + 21^{\circ} 57'$  въ созвѣздіи Тельца. Эта туманность можетъ служить примѣромъ того, какъ различны бывають описанія этихъ небесныхъ тѣлъ, въ зависимости отъ того, наблюдаютъ ли ихъ въ слабый или въ сильный телескопъ. Мессье, отыскивая при помощи хорошаго телескопа съ отверстіемъ объектива въ 9,5 сантиметровъ комету 1758 года, открытую Де-Ла-Нуксомъ, случайно наткнулся на эту туманность, что и побудило его приступить къ составленію перваго каталога туманностей. Вновь замѣченное небесное тѣло онъ описываетъ какъ круглое, довольно яркое туманное пятно, въ которомъ не видно ни одной звѣзды (*nebuleuse sans étoiles*). Съ другой стороны, В. Гершель, наблюдавшій это небесное тѣло при помощи своего спяльнаго телескопа, сдѣлалъ слѣдующую замѣтку въ журналѣ наблюдений: «до крайности тѣсная группа звѣздъ и одинъ изъ самыхъ великолѣпныхъ небесныхъ объектовъ, которые я когда-либо видѣлъ. Это образование мнѣ кажется массивнымъ шаромъ, состоящимъ изъ весьма мелкихъ и необыкновенно близкихъ другъ къ другу звѣздочекъ». Двадцать лѣтъ спустя Дж. Гершель, наблюдая это скопление, сдѣлалъ подобное же замѣчаніе, между тѣмъ какъ Россъ даетъ такое описаніе этого интереснаго образования: «очень красная группа, состоящая изъ весьма близкихъ другъ къ другу мелкихъ звѣздъ отъ 10-ой до 15-ой величины. Имѣя въ общемъ круглую форму, это скопление все же отличается неправильностью вѣшнихъ очертаній: по краямъ можно замѣтить слабо свѣтящиеся прядки, которые отдѣляются отъ главной туманной массы, на подобіе ногъ и клешней у рака» (рис. 252). Поэтому Россъ назвалъ это образование *Crab Nebula* (туманность Крѣбъ). Звѣздъ въ этой группѣ действительно безчисленное множество.



Рис. 252.

$AR = 273^{\circ} 43'$ ,  $D = - 16^{\circ} 13'$  въ Стрѣльцѣ. Очень большая туманность, имѣющая форму греческой буквы  $\Omega$  и въ англійскихъ книгахъ часто истрѣчающаяся подъ названіемъ подковообразной туманности (*Horse-shoe nebula*). Многорыя мѣста ея, безъ сомнѣнія, можно разложить на отдѣльныя звѣзды; кромѣ того, она имѣетъ два большихъ, круглыхъ и свѣтлыхъ ядра, въ которыхъ яркость сильно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру. По наблюдениямъ Ламона и Гольдена, въ этой туманности происходятъ пови-

димоу, измѣненіе какъ въ яркости звѣздъ, такъ и въ ихъ положеніи относительно самой туманности.

$AR = 298^{\circ} 48'$ ,  $D = 22^{\circ} 27'$  въ созвѣдїи Лисичи. Одна изъ самыхъ замѣчательныхъ туманностей. Если мы въ эллисѣ, большая и малая оси котораго относятся между собою какъ 4 къ 3, опишемъ изъ фокусовъ, какъ изъ центровъ, круги радиусомъ, равнымъ  $\frac{1}{4}$  большой оси, то дуги этихъ круговъ около центра эллиса ограничиваютъ часть туманности, значительную весьма свѣтлой туманной матерїей, между тѣмъ какъ обѣ остальные, внѣшнія части эллиса заполнены слабой, едва видной туманной массой.



Рис. 253.

Поэтому все это образование имѣетъ видъ эллиса, въ среднїй котораго лежитъ свѣтлая туманность, имѣющая форму  $\Sigma$ , вслѣдствіе чего Д. Гершель назвалъ эту туманность тиреобразной (Dumbbell-Nebula, рис. 253). По наблюденіямъ Гершеля, вся вообще туманность, и въ частности, каждая изъ ея составляющихъ, яркая и слабая, расположены совершенно симметрично относительно центра эллиса. Но Россу, эта туманность имѣетъ болѣе неправильную форму и въ свѣтлыхъ своихъ частяхъ обладаетъ клочковатымъ строеніемъ. На рис. 254 изображенъ фотографическій снимокъ съ этой туманности при экспозиции въ 20 мин.

$AR = 310^{\circ} 23'$ ,  $D = 30^{\circ} 21'$  въ Лебедь. Длинная, извилистая полоска, молочнаго цвѣта, простирающаяся въ длину на  $30'$ , недалеко отъ нея къ сѣверу лежитъ другая, болѣе слабая змѣеобразная туманность.

Кромѣ длинной змѣеобразной туманной полоски вѣрѣе встрѣчаются на небѣ, напр., въ созвѣдїи Дѣвы ( $AR = 182^{\circ} 12'$ ,  $D = 15^{\circ} 28'$ ). Это длинная полоска, дли-

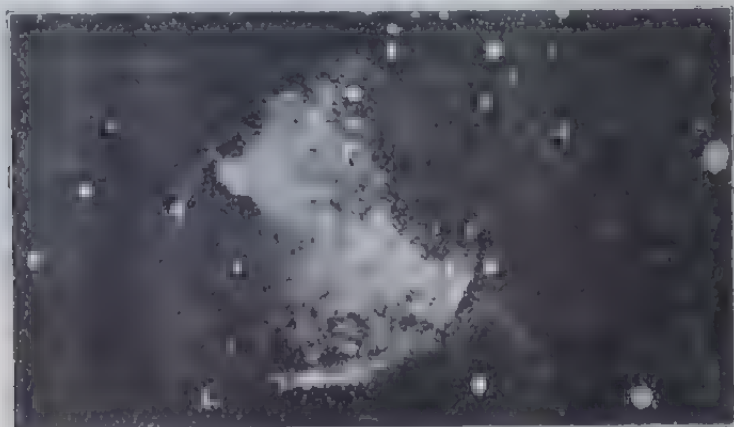


Рис. 254.

ною въ  $10'$ , неправильная на одномъ концѣ, по среднїй полоски находится свѣтлое ядро, имѣющее видъ ядра.

Потопля же туманность, но только гораздо большихъ размѣровъ, находится въ Лебедь ( $AR = 313^{\circ} 48'$ ,  $D = 42^{\circ} 56'$ ), но очертанія ея весьма слабы и почти незаметны.

$AR = 313^{\circ} 1'$ ,  $D = 31^{\circ} 19'$  въ Лебедь. Туманность, простирающаяся въ длину приблизительно на  $1^{\circ}$ . Одна половина ея имѣетъ видообразную форму. Тамъ, гдѣ начинается расширеніе, находятся 4 звѣзды, образующія трапецію. Это удивительное небесное



Туманность въ созвѣзди Андромеды, по фотографии, снятой на Ликской обсерваторіи

тѣло можно видѣть лишь въ самыя сильныя телескопы. Пространство, его окружающее, заполнено чешуйчатой туманностью.

$AR = 313^{\circ} 15'$ ,  $D = + 30^{\circ} 50'$  въ Лиридѣ. Эта туманность находится весьма недалеко отъ предыдущей и представляетъ одно изъ наиболѣе загадочныхъ небесныхъ тѣлъ. Длина туманности составляетъ около  $30'$ , а ширина около  $20'$ , отдѣльныя ея мѣста усеяны очень мелкими звѣздами, находящимися съ ней, повидимому, въ тѣсной связи. Туманность эта имѣетъ видъ тонкой сѣтки изъ звѣздъ, подернутой легкой дымкой.

Разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ различныя классы туманныхъ явленій, мы остановимся еще на двухъ въ высшей степени интересныхъ туманностяхъ, которыя заслуживаютъ особаго вниманія.

§ 211. Туманность въ Андромедѣ. Большая, видимая даже невооруженнымъ глазомъ, туманность, находящаяся вблизи звѣзды  $\gamma$  Андромеды ( $AR = 9^{\circ} 19'$ ,  $D = + 40^{\circ} 43'$ ), была известна еще Аб-ал-Рахману въ X вѣкѣ, но въ Европѣ ее замѣтилъ впервые Симонъ Маріусъ въ 1612 г. Онъ сравнилъ свѣтъ этой туманности съ пламенемъ свѣчи, если сморѣть на него сквозь тонкую роговую листочекъ — выполнивъ подходящее сравненіе въ томъ случаѣ, когда наблюденія производятся при помощи маленькой трубы. Но въ сильный телескопъ она представляется очень большою, овальной туманностью, простирающеюся на  $3^{\circ}$  въ длину и на  $2^{\circ}$  въ ширину и обладающею многими свѣтовыми узлами, причѣмъ ясно видно, что она охватываетъ еще три соседнихъ туманныхъ ядра, а именно:

$$\begin{array}{r} AR = 9^{\circ} 19' \\ \quad 8 \quad 47 \\ \quad 8 \quad 44 \end{array} \qquad \begin{array}{r} D = + 40^{\circ} 19' \\ \quad + 40 \quad 11 \\ \quad + 41 \quad 2 \end{array}$$

Кромѣ того, Бондъ въ телескопъ гарвардскаго колледжа въ Кембрижѣ (въ Сѣверной Америкѣ) замѣтилъ двѣ узкія темныя полосы, параллельныя между собою, и также наибольшему поперечнику туманности. Эти полосы перерѣзываютъ всю туманность на подобіе трещинъ. Болѣе или менѣе вѣрное объясненіе этихъ загадочныхъ полосъ впервые позволило намъ сдѣлать фотографическій снимокъ, полученный И. Робертсомъ. На этомъ снимкѣ при некоторомъ вниманіи нетрудно было замѣтить, что упомянутыя полосы суть не болѣе, какъ самыя темныя части огромнаго эллиптическаго кольца, окружающаго спиралеобразно свѣтлое ядро: другими словами, этотъ снимокъ показалъ, что большая туманность въ Андромедѣ принадлежитъ къ числу спиральныхъ. На приложенной при семъ таблицѣ эта туманность изображена по фотографіи, снятой на лиссонской обсерваторіи.

Эта туманность обладаетъ непрерывнымъ спектромъ, изъ чего слѣдуетъ, что она представляетъ, какъ и нашъ млечный путь, скопленіе большого числа звѣздъ (§ 215), однако, разложить ее на отдѣльныя звѣзды до сихъ поръ не удалось. Правда, около нея и на ней можно видѣть массу мелкихъ звѣздочекъ, но эти послѣднія, повидимому, не имѣютъ съ ней физической связи и лишь случайно проецируются на ней. Нельзя также съ увѣренностью сказать, было ли вызвано появленіе новой звѣзды, вспыхнувшей въ серединѣ туманности въ 1885 году, какими-нибудь переворотами въ самой туманности, или же эта звѣзда только лежала съ ней на одномъ и томъ же лучѣ зрѣнія. Впрочемъ, первое предположеніе является болѣе вѣроятнымъ, такъ какъ звѣзда вспыхнула въ наиболѣе густой части туманности (§ 198, № 6).

§ 212. Большая туманность въ Орионѣ. Эта замѣчательнѣйшая изъ всѣхъ туманностей расположена вблизи звѣзды  $\theta$  Ориона ( $AR = 82^{\circ} 35'$ ,  $D = - 5^{\circ} 27'$ ) на  $4^{\circ}$  ниже средней изъ трехъ звѣздъ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$ , лежащихъ на одной прямой и известныхъ подъ именемъ «Посоха Іакова». Замѣчательно, что эта туманность, хотя ее можно видѣть невооруженнымъ глазомъ, была описана и зарисована только Гюйгенсомъ въ 1659 году, а до этого времени о ней лишь вскользь упоминаетъ въ 1619 году Цизартъ. Но съ



цль царь, особенно въ послѣднемъ столбѣти, многіе астрономы изучали эту въ высшей степени интересную туманность и дали цѣлымъ рядъ ея описаній и рисунковъ, которые ничто не оставляютъ желать по точности и красотѣ выполненія. Въ десяти тому назадъ Гольденъ собралъ все эти рисунки въ своей монографіи объ этомъ туманномъ пятнѣ, которая въ высшей степени интересна даже при бѣгломъ просмотрѣ, такъ какъ показываетъ, до какой степени различной можетъ представляться одна и та же туманность въ телескопы различной силы. Прилагаемая при семъ таблица изображаетъ туманность въ созвѣздіи Ориона по фотографіи, святой П. Робертсомъ.

Эта туманность отличается отъ всѣхъ остальныхъ своею красотой, особенностью своего вида.—который Лежантиль сравниваетъ съ открытой частью живогато, удивительнымъ распределеніемъ яркости и необыкновенной величиною. Однѣ части этой туманности необыкновенно ярки, другія очень блѣды и тусклы и, наконецъ, гряды темны почти до полной черноты. Темныя мѣста рѣзко безъ постепеннаго перехода отдѣляются отъ свѣтлыхъ. Все звѣзды, лежація въ этой туманности, даже въ самыхъ свѣтлыхъ частяхъ ея, отличаются особенно сильнымъ блескомъ, и ихъ распреденіе указываетъ на некоторую связь съ туманностью. Вблизи нея со всѣхъ сторонъ находится множество большихъ и маленькихъ звѣздъ, свѣтящихся тусклымъ свѣтомъ и окруженныхъ туманной атмосферой, и вообще вся эта область неба необыкновенно богата туманностями.

Желая ближе познакомить читателей съ нѣкоторыми наиболее интересными частями этой большой туманности, мы отмѣнимъ прежде всего такъ называемую Трапецію (см. выше, § 187), представляющую почти правильныи четырехугольникъ, образованныи 4-мя звѣздами, изъ которыхъ одна,  $\theta$  Ориона, 6-ой, а 3 остальные отъ 7-ой до 8-ой величины. Эта четырехкратная звѣзда окружена очень свѣлой туманностью, причемъ, при наблюденіяхъ въ телескопы, мы не можемъ прослѣдить ее до самыхъ звѣздъ, но при помощи спектроскопа и здѣсь можно открыть слѣды туманности, такъ какъ этотъ чувствительный приборъ въ трапеции обнаруживаетъ такія же спектральныя линіи, какъ и въ самой туманности.

Къ юго-западу отъ трицепи находится самая яркая часть туманности. Она имѣетъ форму прямоугольнаго треугольника и не свѣтитъ всюду равнымъ блескомъ, а напротивъ того, во многихъ мѣстахъ кажется клочковатой, или чешуйчатой, напоминая, такимъ образомъ, видъ поверхности солнца при наблюденіи въ хорошии телескопы; но только хлопья въ туманности не круглыя, а продолговатыя и имѣютъ видъ битыхъ каменьевъ. Эта часть ограничена съ юга пространствомъ, покрытымъ слабой туманностью, которая сливается мало-по-малу съ темнымъ фономъ неба, образуяющимъ по ея краямъ темныя углубленія самой различной формы; съ запада же отдѣляются два туманныхъ придатка, которые изгибаясь къ югу, простираются на большое протяженіе.

Темная бухта, лежащая къ сѣверо-востоку отъ трицепи, представляетъ собою пространство, наполненное туманными жилами. Кроме того, подъ нижней границей этого пространства лежитъ, повидимому, отдѣльная туманная масса, отъ которой по направленію къ юго-востоку простирается длинная нитоса, параллельная нижнему изъ двухъ вышеупомянутыхъ отдѣвленій.

Спектръ туманности въ Орионѣ состоитъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій, т.-е. это есть спектр раскаленного газа; такимъ образомъ, передъ нами находится огромная масса свѣтящагося газа, занимающаго такое пространство, о которомъ мы не можемъ составить себѣ никакого представленія. Изъ множества мелкихъ звѣздочекъ, находящихся въ этой туманности, есть нѣсколько черемънныхъ (§ 198, № 24), на что впервые обратилъ вниманіе О. Струве, и что впоследствии было подтверждено Виннике и Тиссераномъ. Нѣкоторыя области имѣютъ на старыхъ рисункахъ совѣтъ иной видъ, чѣмъ на новыхъ; но изъ этого нельзя еще вывести заключенія, что въ самой туманности произошли большія измѣненія,



Туманность въ созвѣзди Ориона, по фотографіи, снятой Исаакомъ Робертсомъ.

такъ какъ видимыя очертанія туманности значительно мѣняются не только въ зависимости отъ силы телескопа, какъ это мы уже видѣли при описаніи отдѣльныхъ туманностей, но, кромѣ того, при одномъ и томъ же телескопѣ на это большое вліяніе оказываетъ различіе въ чистотѣ и прозрачности воздуха. Наоборотъ, большаго вниманія заслуживаетъ выводъ О. Струве, сдѣланный имъ изъ его собственныхъ наблюденій и состоящій въ томъ, что нѣкоторыя части туманности претерпѣваютъ измѣненія въ яркости подобно явленію было замѣчено еще Шрегеромъ и Гардингомъ, а послѣднихъ то же самое подозрѣвалъ В. Гершель. Такимъ образомъ, наиболее яркія мѣста туманности, лежація къ юго-западу отъ трапеціи, находятся, по видимому, въ непрерывномъ движеніи, подобно поверхности океана, что, въ связи съ обиліемъ переменныхъ звѣздъ именно въ этой области, требуетъ дальнѣйшихъ настойчивыхъ наблюденій этого удивительнаго небеснаго объекта.

§ 213. **Звѣздныя скопленія и туманности южнаго неба.** Въ невидимыхъ для насъ областяхъ южнаго неба находится много въ высшей степени интересныхъ тѣлъ этого рода, которыя, однако, сравнительно еще недавно были очень мало намъ извѣстны. Правда, многи изъ нихъ были описаны въ семнадцатомъ столѣтіи Галлеемъ, въ восемнадцатомъ — Лакандемъ, въ девятнадцатомъ — Дунлопомъ и Рюмкеромъ, но собственно твердое основаніе нашимъ знаніямъ относительно этихъ образований, равно какъ и вообще относительно южнаго неба, было положено только Джономъ Гершелемъ. Во время своего пятилѣтняго пребыванія на мысѣ Доброй Надежды онъ произвелъ массу наблюденій съ такою неутомимостью и аккуратностью, какія рѣдко встрѣчаются въ исторіи науки, и эти наблюденія довели наше знакомство съ южнымъ небомъ, такъ сказать, сразу до той высоты, которая для сѣвернаго неба была достигнута лишь благодаря соединеннымъ усиліямъ многихъ астрономовъ, работавшихъ въ теченіе многихъ десятиковъ лѣтъ. Онъ описалъ свыше 2000 звѣздныхъ группъ и туманностей, причемъ для многихъ изъ нихъ далъ подробныя описанія, откуда мы и заимствуемъ здѣсь нѣкоторыя свѣдѣнія.

Прежде всего слѣдуетъ упомянуть Калекты и Магеллановы облака (таблицы). Ихъ можно видѣть невооруженнымъ глазомъ, при днѣ меньшее облако кажется совсемъ, а большее только отчасти. Большее облако простирается отъ 156' до 162' сѣвернаго полярнаго разстоянія, и отъ 70' до 90' прямого восхожденія; меньшее же — отъ 162' до 165' полярнаго разстоянія и отъ 7° до 12' прямого восхожденія, такъ что первое занимаетъ около 42, а второе около 10 квадратныхъ градусовъ. Оба они похожи на части млечнаго пути, отъ котораго, однако, они лежатъ далеко и совершенно отдѣльны, на восточномъ краю большаго облака находится туманное пятно, которое рѣзко выдѣляется на менѣе яркомъ фонѣ остальной туманной массы, къ западу отъ меньшаго облака лежитъ совершенно отдѣльная отъ него туманность. Большее облако упоминается еще у Абдал-Рахмана подъ именемъ «благаго быка», европейскими же путешественниками оно было замѣчено впервые только въ началѣ XVI-го столѣтія.

Наблюденія при помощи телескоповъ показали, что оба эти облака обладаютъ необыкновенно сложнымъ строеніемъ. Общій фонъ обоихъ облаковъ состоитъ изъ длинныхъ туманныхъ полосокъ и пятенъ самаго разнообразнаго строенія, начиная отъ неразрѣшимыхъ на отдѣльныя звѣзды и кончая звѣздными скопленіями, и въ общемъ имѣетъ сходство со многими частями млечнаго пути. Всѣ эти туманныя пятна и звѣздныя кучи сплотившись здѣсь гораздо тѣнѣе, чѣмъ гдѣ-нибудь въ другой части неба. Въ большемъ облакѣ, кромѣ 600 звѣздъ отъ 7-ой до 9-ой величины, Гершель насчитываетъ еще до 278 туманностей и звѣздныхъ скопленій, причемъ онъ не принялъ во вниманіе 50 или 60 небесныхъ тѣлъ этого рода, находящихся недалеко отъ облаковъ и, по всей вѣроятности, составляющихъ съ ними одно общее цѣлое; въ меньшемъ облакѣ число туманностей и звѣздныхъ кучъ достигаетъ 37, кромѣ тѣхъ 6, которыя лежатъ вблизи облака, и, кромѣ того, Гершель насчиталъ здѣсь до 200 звѣздъ вышеупомянутой величины. Свѣтлое пятно въ большемъ облакѣ, видимое

даже невооруженнымъ глазами, въ телескопъ представляется въ видъ туманности, весьма причудливой формы и содержитъ не менѣе 105 звѣздъ отъ 9-ой до 13-ей величины на пространствѣ, равномъ приблизительно  $\frac{1}{800}$  части всего облака. Туманность меньшаго облака въ телескопъ представляется въ видъ очень тѣсной звѣздной группы, блѣднорозоваго цвѣта съ диаметромъ около 20'. Области неба, окружающія облака, необильно обѣдны звѣздами.

Точно также весьма замѣчательно большая туманность южной звѣзды  $\eta$  Арго, между  $159^\circ$  и  $161^\circ$  прямого восхожденія и между  $148^\circ 30'$  и  $149^\circ 40'$  полярнаго разстоянія. Эта туманность занимаетъ около одного квадратнаго градуса и видѣть не носитъ слѣдовъ разложимости на отдѣльныя звѣзды. Она лежитъ въ очень богатой звѣздами и свѣтлой части млечнаго пути, которая такъ густо усыпана звѣздами, что на одной половинѣ туманнаго пятна находится не менѣе 1200 звѣздъ до четырнадцатой величины, которыя, впрочемъ, не имѣютъ признаков физической связи съ туманностью, а составляютъ часть млечнаго пути, лишь случайно проектирующуюся на туманность. Но, кромѣ этихъ звѣздъ, въ той же области неба ихъ находится еще очень большое число, а именно въ среднемъ около 3000 на одномъ квадратномъ градусѣ. Многие наблюдатели подмѣчаютъ, что въ этой туманности происходятъ нѣкоторыя измѣненія въ распредѣленіи туманной матеріи, и что южной  $\eta$  Арго, которая сама, безъ сомнѣнія, есть переменная звѣзда (§ 198, № 51), находится много другихъ переменныхъ. Такимъ образомъ и здѣсь, южному, имѣютъ много тѣхъ же явленій, какія были подмѣчены въ туманности Орiona. Наконецъ, свѣтлая линия спектра разсматриваемой здѣсь туманности показываетъ, что она, точно туманности Орiona, состоитъ изъ свѣтящагося газа.

Отметимъ еще три замѣчательныя звѣздныя кучи южнаго неба. Первая находится въ созвѣздіи Губана ( $AR = 4^\circ 54'$ ,  $D = -72^\circ 38'$ ); это — весьма красивое, широко разкинувшееся звѣздное скопленіе круглой формы съ сильнымъ уплощеніемъ въ центрѣ. Губультъ считаетъ это скопленіе самымъ величественнымъ изъ всѣхъ образованій подобнаго рода.

Вторая, находящаяся около  $\alpha$  Центавра ( $AR = 200^\circ 12'$ ,  $D = -46^\circ 47'$ ), была открыта Галлеемъ. Дж. Гершель считаетъ ее однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ и прекрасныхъ объектовъ этого рода. Для невооруженнаго глаза она представляется въ видѣ туманно круглаго пятна, по яркости сравнимаго со звѣздами 4—5-ой величины. Въ сильномъ телескопѣ она имѣетъ видъ шара, состоящаго изъ безчисленнаго множества звѣздъ 12-ой и 13-ей величины и обладающаго диаметромъ, равнымъ 20'; по мѣрѣ приближенія къ центру, яркость этой кучи постепенно увеличивается. На приложенной при семь таблицѣ эта звѣздная куча изображена по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Арквинѣ.

Третья звѣздная куча, находящаяся около  $\alpha$  Креста ( $AR = 191^\circ 56'$ ,  $D = 59^\circ 48'$ ). Дж. Губультъ считаетъ туманностью, но въ сильномъ телескопѣ она вполне разлагается на отдѣльныя звѣзды. Въ этомъ скопленіи на пространствѣ  $\frac{1}{48}$  квадратнаго градуса находится около 110 звѣздъ, изъ которыхъ 8 болѣе яркихъ окрашены въ красныя, желтыя и голубоватый цвѣта, такъ что вся звѣздная куча производитъ впечатлѣніе собранія драгоценныхъ камней, почему она называется также «gem cluster» (собраніе драгоценныхъ камней). По наблюдениямъ Русселя въ Ситней, это скопленіе состоитъ изъ трехъ группъ звѣздъ причѣмъ двѣ изъ нихъ мало-по-малу удаляются отъ третьей, кромѣ того, она имѣла въ 1872 году не менѣе 25 такихъ звѣздъ, которыхъ Дж. Гершель не видѣлъ въ 1833 году въ свой могущественный телескопъ или, вѣрнѣе, которая она просто пролетѣла.

§ 214. Собственныя движенія туманныхъ пятенъ и измѣненія, происходящія въ этихъ небесныхъ тѣлахъ. Изученіе туманныхъ пятенъ началось еще слишкомъ недавно, чтобы можно было до измѣненія ихъ положеній обнаруживать ихъ собственныя движенія. Въ



Звѣздная куча около звѣзды  $\alpha$  Centauri, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Арквивпѣ.

настоящее время мы можемъ лишь утверждать, что эти свѣтила не обладаютъ весьма значительнымъ собственнымъ движениемъ. Впрочемъ этотъ результатъ можно было предвидѣть заранее, потому что, какъ мы видѣли выше, большая часть туманныхъ пятенъ въ сильныя телескопы разлагается на отдѣльныя звѣзды, вследствие чего если не вѣб, то, по крайней мѣрѣ, многія изъ туманностей и звѣздныхъ кучъ приходится считать самыми отдаленными изъ доступныхъ нашимъ наблюдениямъ небесными тѣлами. Поэтому благодаря огромному разстоянію, отдѣляющему ихъ отъ насъ, ихъ собственныя движения являются столь незначительными, что ихъ можно будетъ замѣтить только по прошествіи многихъ столѣтій, тѣмъ болѣе, что вследствие довольно значительныхъ видимыхъ размѣровъ этихъ небесныхъ тѣлъ и вследствие неопредѣленности ихъ очертаній опредѣленіе ихъ положенія не отличается той точностью, которой астрономы достигли при опредѣленіи мѣста неподвижныхъ звѣздъ. Впрочемъ уже не разъ высказывались мнѣніе, что у двойныхъ туманныхъ, напр., у туманности въ Близнецахъ ( $AR = 109^{\circ} 49'$ ,  $D = -29^{\circ} 41'$ , § 205), существуетъ орбитальное движеніе одной туманности около другой: точно также и некоторые наблюдатели указывали на то, что въ такъ называемой трираздѣльной туманности (Trifid nebula) ( $AR = 269^{\circ} 4'$ ,  $D = -23^{\circ} 2'$ , § 206) произошло по видимому, перемѣщеніе всей туманности относительно тройной звѣзды, лежащей въ темномъ отверстіи между тремя развѣтвленіями. Однако, позднѣйшія наблюденія не подтвердили этихъ предположеній и показали даже, что старыя наблюденія вовсе не обладаютъ достаточной для подобныхъ изслѣдованій точностью. Но въ то время какъ движеніе этихъ тѣлъ по направленію, перпендикулярному къ лучу нашего зрѣнія, мы можемъ надѣяться опредѣлить лишь въ очень отдаленномъ будущемъ, для опредѣленія ихъ движенія по направлению самого луча зрѣнія, напротивъ того, уже и теперь у насъ имѣется хорошее средство въ видѣ спектроскопа, при помощи котораго, по крайней мѣрѣ, для туманностей состоящихъ изъ свѣдящихся газовъ, мы можемъ сдѣлать заключеніе объ этомъ движеніи по смѣщенію свѣтовыхъ линий въ ихъ спектрахъ (§ 183). Такія измѣренія уже были произведены Киллеромъ для большой туманности въ Орионѣ и для планетарныхъ туманностей, но такъ какъ спектральныя линии туманности въ то время еще не были обнаружены въ спектрѣ ни одного изъ небесныхъ тѣлъ, включая сюда и солнце, то онъ могъ опредѣлить не абсолютныя смѣщенія этихъ линий, а только ихъ смѣщенія относительно линий въ которыхъ земныхъ источниковъ свѣта. Поэтому изъ этихъ измѣреній можно было опредѣлять лишь относительныя движенія изслѣдуемыхъ туманностей по отношенію другъ къ другу, причемъ эти движенія по величинѣ получились почти такія же, какъ и въ случаѣ неподвижныхъ звѣздъ.

Большія различія, обнаруживающіяся при сравненіи опредѣленнаго вида, формы, строенія, яркости и размѣровъ отдѣльныхъ туманностей уже неоднократно подавали поводъ къ болѣе или менѣе опредѣленнымъ предположеніямъ относительно измѣненія, происходящихъ въ этихъ небесныхъ тѣлахъ. Однако, въ большинствѣ подобныхъ случаевъ трудно показать, что эти предполагаемые измѣненія можно объяснить или употребленіемъ телескоповъ различной оптической силы, или неодинаковой чувствительностью глаза къ слабосвѣтящимся предметамъ, или, наконецъ, измѣненіемъ прозрачности нашей атмосферы, если даже не обращать при этомъ вниманія вообще на трудность хорошаго, совершенно согласнаго съ дѣйствительностью описанія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Весьма значительныя противорѣчія въ этомъ отношеніи возникли относительно блѣдной, большой туманности, находящейся вблизи Меропы, самой яркой звѣзды въ Плеядахъ. Эта туманность, по странной случайности, была открыта только 19 октября 1859 г. въ Венеціи Гемцелемъ, который описалъ ее какъ свѣтлое туманное пятно довольно большихъ размѣровъ, причемъ сначала онъ считалъ ее за большую, красивую комету. Но такъ какъ первое извѣстіе о своемъ открытіи Гемцель напечаталъ только въ декабрѣ мѣсяцѣ слѣдующаго года, и такъ какъ вследствие преувеличенной, какъ впоследствии оказа-

сь, яркости этой туманности, многие наблюдатели сначала совсем не могли ее заметить, а если кто и видел, то, во всяком случае, с большим трудом, по этому астрономы считали эту туманность переменной, тем более, что такое предположение весьма просто объясняло, почему раньше этой туманности совсем не было видно, хотя звезды всегда были предметом непрерывных и безостановочных тщательных исследований. В 1880 году Хау (Hau) и Берхемь были даже так далеки, что стали совсем отрицать существование этой туманности, так как они не могли ее видеть в большой рефрактор в Чикаго, а на ее месте заметили множество мелких звезд, которая все в совокупности, при наблюдении в телескопы незначительной оптической силы, и могли производить, по их мнению, впечатление туманности. И еще долгое время не могли объяснить, почему эту туманность очень трудно заметить в большие телескопы, тогда как в сравнительно маленькие трубы она иногда бывает вполне отчетливо видна. Вся же трудность, как это нам теперь известно, и как это, между прочим, было показано на примере многих слабых комет (ср. § 156), заключается в употреблении слишком сильно увеличена и в зависящем от этого слишком малом поле зрения трубы.

В декабре 1885 года внимание астрономического мира было снова обращено на Плеяды, благодаря полученному из Парижа известию, что братья Анри открыли на фотографических пластинках существование туманности около Мани, другой главной звезды в Плеядах, первый пример того, что при помощи фотографии было открыто такое светное тело, которого раньше не видел ни один человеческий глаз. Вскоре после этого существование туманности было подтверждено наблюдениями в Пулков и Виль, а впоследствии ее неоднократно наблюдали на других обсерваториях. С тех пор внутри Плеяд, главным образом, благодаря фотографическим снимкам Роберта, было обнаружено множество туманных пятен и точек, а снимки Барнарда показали, что пространство, окружающее это светл. т., также заполнено туманной материей (§ 203), так что мало-помалу вполне подтвердилось предположение Везеля, высказанное им вскоре после открытия туманности около Мани, а именно, что Плеяды окутаны со всех сторон туманной массой и что мы видим лишь более яркие части ее.

Совершенно так же, как с туманностью Меропы, дело обстояло и с большой голубой туманностью в Гельсе ( $AR = 50^{\circ} 47'$ ,  $D = 31' 2''$ ). И в этом случае высказались мнения, что это светное тело меняет свою яркость, по мало-помалу такое допущение было отвергнуто. Однако, можно привести примеры, с одной стороны, слабых туманных светил, в которых несомненно происходят изменения яркости, и с другой стороны, таких, для которых такие изменения весьма вероятны. В число подобных туманностей относятся следующие:

$AR = 36^{\circ} 24,5'$ ,  $D = 1^{\circ} 33,2'$  в созвездии Кита. Эта туманность, согласно с наблюдениями В. Гершеля в 1775 г., Дж. Гершеля в 1827 г. и Д'Арре в 1856 г., была достаточно яркой, а в 1861 г. Шенфельдь, наблюдавший ее в более сильной рефрактор, чем тот, который несколько лет раньше был в распоряжении Д'Арре, совсем не мог ее видеть. В 1863 и 1864 годах Шенфельдь и Д'Арре снова ее увидели, а в следующем 1865 году Фотель, несмотря на неоднократные попытки, не мог ее увидеть при помощи ленинбургского рефрактора, впрочем того, в 1868 году Шенфельдь снова наблюдал ее без всякого труда, точно также в 1877 году, согласно с наблюдениями Виннике, она была достаточно яркой. Подобным же образом в 1887 году Дрейеру она казалась довольно яркой.

$AR = 64^{\circ} 2,0'$ ,  $D = 19' 17,1''$  в Гельсе. При сравнении своей экваториальной карты с небом Хивдъ 11 октября 1852 г. заметил в этом месте звезду 10-й величины, которой то тем поре он в разе не видел потому он считал ее

за перемянную, что, действительно, послѣ и подтвердилось (*T* Тельца, § 198, № 15). Затѣмъ къ сѣверу отъ этой звезды онъ нашелъ еще вышеупомянутую слабую маленькую туманность, съ диаметромъ въ  $30''$ . Эту туманность видѣлъ въ 1854 г. Шакорнакъ въ Марсели, а въ 1855 и 1856 гг. Д'Арре въ Лейпцигѣ могъ наблюдать ее даже при лунномъ свѣтѣ. Но въ послѣдующіе годы она стала быстро уменьшаться въ яркости. Въ 1858 г. Ауверсъ въ Кенигсбергѣ могъ ее отыскать лишь съ трудомъ, а Д'Арре и Шакорнакъ въ концѣ 1861 и въ началѣ 1862 годовъ совсѣмъ не могли ее найти. Напротивъ того, Лассель на Мальтѣ благодаря своему большому рефлектору и О. Струве благодаря пулковскому рефрактору не теряли ее изъ виду до 1868 г., когда она и для нихъ исчезла. Кромѣ того, О. Струве замѣтилъ весьма близко отъ нея ( $AR = 63^{\circ} 58,3$ ,  $D = +19^{\circ} 16,9$ ) другую очень слабую туманность, которой раньше нигде не видѣлъ, несмотря на тщательныя изслѣдованія этой части неба.

Этотъ объектъ былъ замѣненъ въ 1877 г. въ началѣ ноября Темпелемъ въ видѣ туманности съ диаметромъ въ  $1,5''$ , но уже 12 декабря онъ не могъ найти никакихъ слѣдовъ этого образованія; точно также ни въ ноябрѣ, ни въ декабрѣ онъ не могъ различить туманности, открытой Хиндомъ. Съ тѣхъ поръ не было никакихъ извѣстий объ этой туманности до середины октября 1890 год., когда Берхемъ и Барнартъ снова замѣтили ее въ большой телескопъ тикской обсерваторіи. Правда, лишь на предѣлѣ видимости въ это же самое время вокругъ соседней съ ней перемѣнной звезды *T* Тельца появилась очень тонкая туманная оболочка, которая, согласно съ систематическими изслѣдованіями Килера, представляла обыкновенную газопыльную туманность. Туманности, которую открылъ Струве, въ то время совсѣмъ не было видно 25 февраля 1895 г. Барнартъ опять произвелъ очень тщательное изслѣдованіе этой области неба, причемъ онъ снова увидѣлъ туманность Хинда, и она ему казалась не слабѣе чѣмъ въ 1890 году, а сравнительно яркой, вокругъ же *T* Тельца никакихъ слѣдовъ, ни онъ, ни Барнартъ обнаружить не могъ. къ 24 марта туманность, открытая Хиндомъ, снова, почти совсѣмъ исчезла, вокругъ *T* Тельца опять появилась туманность, и, вмѣстѣ съ тѣмъ показались слѣды туманности, которую открылъ Струве. Поэтому не только звезда *T* Тельца, но также и обѣ разсмотрѣнныя здѣсь туманности относятся къ числу переменныхъ и переменныхъ объектовъ.

$AR = 82^{\circ} 51,8$ ,  $D = 21^{\circ} 9,5$  въ Тельцѣ. Въ октябрѣ 1855 г. Шакорнакъ замѣнилъ, что вокругъ звезды одинацатой величины, открытой имъ годомъ раньше при составленіи карты этой части неба, появилась туманная оболочка, которой при открытіи звезды не было въ январѣ 1856 г. Эта оболочка постепенно увеличилась въ яркости, а въ ноябрѣ 1862 г. она снова исчезла, и съ тѣхъ поръ ее никто больше не видѣлъ.

$AR = 169^{\circ} 48,8$ ,  $D = 11^{\circ} 53,5$  въ Бовинномъ Двѣ. Эта туманность была отнесена В. Гершелемъ къ первому классу, т. е. къ числу наиболее яркихъ, но въ 1830 и 1831 годахъ Дж. Гершель отнѣшилъ ее къ слабой туманности и отнесъ къ III-му или, самое большее, къ II-му классу. Октею 1840 г. Б. Хелль, склѣ, при составленіи своей звездной карты, снова отнѣшилъ ее къ очень яркимъ. Вани-ке въ 1856 году она казалась еще довольно яркой, а въ 1863 году Д'Арре призналъ ее уже слабой. Въ 1878 и 1879 годахъ она, согласно съ наблюденіями Виншеке, снова относилась къ I-му или II-му классу, а 24 мая 1887 года, когда ее наблюдалъ Дрейеръ, она снова сдѣлалась очень слабой и была на предѣлѣ видимости.

$AR = 275^{\circ} 39,5$ ,  $D = 74^{\circ} 31,0$  въ Двѣхъ. Эта туманность была открыта Хиллемъ 1 сентября 1859 года. Д'Арре могъ свободно наблюдать ее въ сентябрѣ 1862 года, а въ августѣ 1863 года она показалась ему слабѣе. Въ сентябрѣ же 1863 года въ тотъ же рефракторъ онъ уже совсѣмъ не могъ ее видѣть.

При описаніи переменныхъ звездъ (§ 197) мы уже упоминали, что онѣ часто вслѣдѣ



чаются группами и нередко находятся в связи с звездными скоплениями и туманными пятнами, и, кроме того, мы показали (§ 202), что в состав некоторых звездных групп входят оранжевые или красные звезды, т. е. такие цветные звезды, среди которых, как известно, находится много переменных. Это обстоятельство в конце 1895 года было прекрасно иллюстрировано в высшей степени интересным открытием Е. Пикеринга.

При исследовании многочисленных фотографических снимков звездных скоплений, полученных в Арекиви в Кордильерах, была найдена весьма важный результат, которого, может-быть, никогда не удалось бы достигнуть без помощи фотографии, а именно, что существует не малое, по видимому, число звездных групп, имеющих в своем составе весьма большое число переменных звезд. До сих пор подробно всего в этом отношении исследовано скопление, открытое еще 5 мая 1702 года Кирхом ( $AR = 22^{\circ} 22'$ ,  $D = -2^{\circ} 28'$ ). Еще в 1890 году Пикеринг открыл в этом скоплении две переменные звезды, а Кюммонь высказал предположение, что и некоторые другие звезды этой группы также принадлежат к числу переменных. Когда же были исследованы 17 фотографических пластинок, полученных на обсерватории в Арекиви, то оказалось, что из 750 запечатлевшихся на них звезд 46 несомненно и 14 по всей вероятности принадлежат к числу переменных! Замечательно также, что многие из этих звезд обладают коротким периодом, всего лишь в несколько часов. Так, 5 фотографии, сделаны 1 июля 1895 г. через час одна послѣ другой, дают следующий ряд чисел для величины одной из этих переменных: 14,3; 13,5; 13,8; 13,9 и 14,3.

Точно также весьма большое число переменных заключается в группе, положение которой определяется координатами:  $AR = 204^{\circ} 23'$ ,  $D = -28^{\circ} 53'$ . В этой группе можно считать до 87 несомненно переменных звезд с амплитудой от 0,5 до 2,0 звездных величин, но, кроме этих, в группе, по всей вероятности, еще и некоторые другие звезды изменяют свою яркость. При этом необходимо заметить, что в данном случае совершенно не принята во внимание центральная часть скопления, так как там звезды слишком скучены, чтобы их можно было подвергнуть точному измерению. Отдельные переменные звезды встречаются также в следующих группах:

$AR = 14^{\circ} 43'$	$D = -71^{\circ} 23'$	в Тукавѣ,
$AR = 277 35$	$D = -24 0$	» Стрѣльцѣ;
$AR = 322 4$	$D = -1 16$	» Водолеѣ;
$AR = 323 41$	$D = -23 38$	» Южныхъ Рыбахъ.

В заключение заметим, что все перечисленные здѣсь переменныя скопления, кромѣ двухъ, которыя лежатъ в Тукавѣ и Южныхъ Рыбахъ, были подробно описаны въ § 202.

§ 215. Природа туманныхъ пятенъ. Для этихъ загадочныхъ образований наши даже самые сильные телескопы являются еще настолько слабыми, что даютъ намъ лишь весьма немногое простое констатированіе ихъ существованія. Это лучше всего доказывается исследованиями Росса, благодаря которымъ мы не только познакомились теперь съ новымъ, довольно обширнымъ, классомъ туманностей, именно съ спиральными туманностями, но и получили совершенно новое представление о строении остальныхъ туманностей, такъ какъ они, напримеръ, показали намъ, что многія планетарныя туманности въ сущности имѣютъ кольцеобразную форму, а туманныя звезды суть скопления съ весьма сильнымъ уплотнениемъ въ центрѣ. При такихъ обстоятельствахъ было бы безвозвратно теперь же по одному виду этихъ звездъ дѣлать гипотезы относительно ихъ природы, такъ какъ заранее совершенно нельзя сказать, не будутъ ли найдены въ ихъ формѣ какія-нибудь новыя изменения при дальнейшемъ увеличеніи оптической силы телескоповъ.

Но именно В. Гершелемъ, произведенныя имъ наблюденія несомненно показываютъ,

что не все туманности суть звездные скопления, но что в некоторых случаях мы имеем дело с первичной материей, которую видим в различных степенях ее развития и возраста. Они сдвигали также попытку проследить на отдельных классах туманностей различия, следующие одно за другим преобразования, благодаря которым из безформенной, первичной туманности образуются небесные тела, представляющие последнюю, или высшую степень развития, а именно или шарообразные, лишенные туманной материи звезды, сияющие самыми чистыми блеском: или прекрасные группы, из тысячи таких звезд в сравнительно небольшом пространстве в вечной гармонии движущих друг около друга. По его мнению, слабые, безформенные, раскинувшиеся по всем направлениям на огромные расстояния туманности представляют первичное хаотическое вещество, которое, вследствие притяжения к образовавшимся по тем или другим причинам центрам, мало-по-малу распадается на отдельные части, хотя еще и амфибуя неопределенную форму, но уже отличающиеся значительною яркостью (§ 203). Если в этих маленьких, взаимно притягивающихся туманностях, которые находятся весьма близко друг от друга, продолжается процесс уплотнения материи около какой-нибудь точки, то каждая из них постепенно сближается все меньше и меньше, а промежутки между отдельными туманностями мало-по-малу увеличиваются, и при дальнейшем развитии этих туманностей их яркость в центре постепенно увеличивается (§ 206). Здесь сближаемая масса сосредоточена уже около одной центральной точки, но все-таки самое небесное тело остается туманностью значительных размеров и без определенных очертаний (§ 204). Другие же туманности, развитие которых началось на целых тысячелетия раньше вышеуказанных, приняли уже шарообразную форму, и в них более уплотнилась, небольшая и яркая центральная часть имеет уже некоторое сходство со звездой, но это ядро окружено весьма густой атмосферой, которая все еще не сосредоточилась всецело в центре притяжения (§ 207). В некоторых случаях можно видеть два и даже больше таких главных центров (§ 205), которые находятся в равновесии, и между которыми распределена вся окружающая их раньше туманная масса; может быть, еще теперь соответствующая эти центры между собой и т. д.

Хотя эта теория кажется весьма правдоподобной, и хотя вполне справедливо предположение, что все звездные моря или вообще все тела в природе достигли того состояния, в котором они находятся, не сразу, а, наоборот, потребовалось много миллионов лет для того, чтобы небесные светила могли принять вполне определенную форму тем не менее, повлившая впоследствии немалая, при помощи могущественных астрономических инструментов открыли и слабые стороны этой теории, так как оказалось, что многие туманности вовсе не имеют той формы, которую Гершель считал типичной, а некоторые даже представляют собою просто звездные скопления. Вообще с увеличением оптической силы наших телескопов как уже выше было замечено, число туманностей, не разлагающихся на отдельные звезды, постоянно уменьшается, так что, повидимому подтверждается предположение, что если бы мы обладали телескопами достаточной силы, то все туманности представились бы нам в виде звездных скоплений.

Однако данные спектрального анализа говорят против такого рѣшенія вопроса и убеждают нас в существовании сближающихся туманностей в том смысле, как разумел их Гершель.

В самом деле, спектр звездного скопления может быть только сложным, состоящим из многих отдельных спектров, наложенных друг на друга. Это заключение оказалось безусловно справедливым для всех тех разлагающихся на отдельные звезды групп спектры которых были до сих пор изучены. Из числа перечисленных в § 202 образований этого рода сложным спектром обладают, между прочим, следующие звездные кучи:

$AR = 204^{\circ} 23'$	$D = 28^{\circ} 53'$	въ южныхъ Гончихъ Негахъ (§ 14),
$AR = 228^{\circ} 22'$	$D = 2^{\circ} 28'$	» Вѣсахъ (см. также § 214),
$AR = 249^{\circ} 31'$	$D = 36^{\circ} 39'$	красивая группа въ Геркулесахъ,
$AR = 277^{\circ} 35'$	$D = 24^{\circ} 0'$	въ Стрѣльцѣхъ (см. также § 214),
$AR = 281^{\circ} 26'$	$D = 6^{\circ} 24'$	» Щигль Собіескаго,
$AR = 288^{\circ} 10'$	$D = +29^{\circ} 59'$	» Ларѣ.

Между тѣмъ Гуггинсъ, используя при помощи спектроскопа свѣтъ нѣкоторыхъ планетарныхъ туманностей, сдѣлалъ въ 1864 г. замѣчательное открытіе, заключающееся въ томъ, что спектры этихъ туманностей состоятъ лишь изъ небольшого числа отдѣльныхъ свѣтлыхъ линий, т.-е. имѣютъ такой видъ, какъ и спектръ раскаленного газа (рис. 255).



Рис. 255.

Всѣ позвѣщавшіе астрономы подтвердили это открытіе Гуггинса, и дополнили его въ томъ отношеніи, что въ спектрѣ нѣкоторыхъ яркихъ туманностей, какъ, напримеръ, въ спектрѣ большой туманности Оріона

(рис. 256), при соображеніяхъ и тщательномъ изслѣдованіи спектральныхъ линий, можно видѣть, кромѣ обыкновенныхъ, еще большее число другихъ свѣтлыхъ линий, въ особенности въ голубой и фиолетовой частяхъ спектра, соответствующихъ короткимъ длинамъ волнъ.

Спектры газобразной туманности имѣютъ въ сѣверныхъ звѣздахъ видъ, и въ которыхъ въ желтой и зеленой частяхъ спектра видны голубовато-зеленая и голубая, при чемъ эти голубыя линии имѣютъ такую форму, которая можетъ быть между тѣмъ какъ яркая, такъ и характеризующаяся темъ, что въ ней до сихъ поръ не открыто. При наблюденіи въ астрономическіе инструменты спектръ этой туманности имѣетъ видъ, и

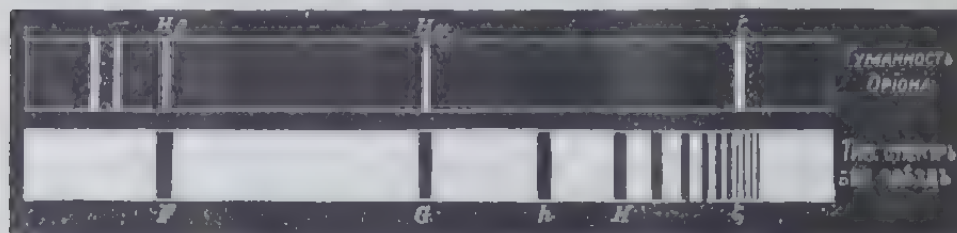


Рис. 256.

линии имѣютъ разную величину и голубовато-зеленой части спектра (см. таблицу, приложенную къ стр. 589, а также рис. 257). Изъ этихъ трехъ линий, въ случаѣ слабой уманности, двѣ голубыя тоже исчезаютъ, и остается лишь одна въ зеленой части, соответствующая наибольшей линіи волны (линія въ углу внизу была табл. (б) раньше ошибочно думали, что эта линія принадлежитъ азоту).

Въ газовой линіи въ туманности, а особенно тамъ, гдѣ известно въ настоящее время, двѣ голубыя и голубовато-зеленой части спектра, но съ тѣмъ туманности въ Оріонѣ (например, туманность въ созвѣздіи Аріона, омега-туманность, тиреобразная туманность и т. д.) имѣютъ еще и третью, яркую и короткую линію. Составляя изъ свѣтлыхъ линій спектръ этихъ газобразныхъ туманностей, то уже не рѣчь послѣднихъ къ открытію нѣкоторыхъ туманностей, диаметръ которыхъ такъ малъ, что до сихъ поръ ихъ истинный диаметръ совершенно неизвѣстенъ, такъ какъ при поверхностномъ наблюденіи и съ помощью увеличенія ихъ величина кажется также прямой функцией туманности.

Въ этой части нашей книги мы познакомились со многими тайнами неба; но мы не можемъ сказать, что узнали звездный міръ во всемъ его величии. То, что мы видимъ, и что насъ такъ поражаетъ, есть лишь незначительная часть того, что совершенно недоступно человеческому глазу, это есть только преддверіе безконечнаго храма, куда не проникалъ еще ни одинъ смертный, несмотря на самыя могущественныя средства науки и искусства. Кто можетъ сказать намъ, сколько еще невѣдомыхъ мировъ лежитъ позади тѣхъ, которые кажутся намъ, даже въ самыя сильныя телескопы, лишь слабыми неясными облачками? Свѣту, несмотря на его страшную скорость, нужны цѣлыя тысячелѣтія, чтобы дойти отъ некоторыхъ звездъ до насъ, и, можетъ-быть, отъ многихъ изъ насъ свѣтъ идетъ съ тѣхъ поръ, какъ создана наша земля, и до сихъ поръ еще не достигъ до нея. Кто знаетъ, какой ли видъ имѣло звездное небо во времена Моисея и Александра, какъ теперь, или не покроется ли черезъ нѣсколько тысячелѣтій все небо новыми солнцами, которыя существуютъ уже давно, но свѣтъ отъ которыхъ еще не успѣлъ дойти до насъ, тогда какъ другія системы, наоборотъ, можетъ-быть, уже давно погасли и снова обратились въ первоначальный хаосъ, а между тѣмъ мы будемъ видѣть ихъ на небѣ до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, не достигнемъ до насъ послѣдній посланный ими лучъ? Итакъ, повсюду, куда бы мы ни обратили наши взоры, мы видимъ безчисленныя небесныя тѣла, и даже въ той безконечной дали, куда не могутъ проникнуть наши зрительныя трубы, даже тамъ, гдѣ совѣтъ меркнуть для насъ свѣтъ, гдѣ самыя зоркія глаза не видятъ ничего, кромѣ непроглядной ночи, открываются необозримыя пространства, наполненыя новыми, неизвѣстными намъ мірами.

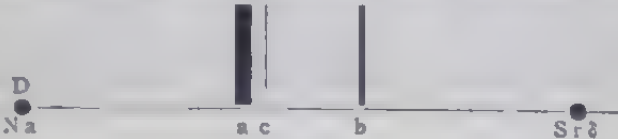


Рис. 257.

Bientôt à mes regards des cieux inconnus s'ouvrent,  
Des régions sans fin devant moi se découvrent;  
Carrière illimitée où, par les mêmes lois,  
Mille Univers flottans se meuvent à la fois.  
Je vois de tous côtés, dans ces plaines profondes  
Autour d'autres soleils, graviter d'autres mondes,  
Et lorsque, pour peupler les espaces déserts,  
Je suis las d'enfanter de nouveaux univers,  
Le Vide encore s'étend et, dans son sein immense,  
Par-delà l'Infini, l'Infini recommence \*).

*Lebrun.*

\*) Передъ моими глазами тотчасъ открываются невѣдомыя миры небеса, передо мною снова открываются безконечныя области и безграничное пространство, гдѣ, подчиняясь однимъ и тѣмъ же законамъ, плавно совершаютъ движенія тысячи мировъ. Я вижу, какъ въ глубинахъ вселенной со всѣхъ сторонъ все новые и новые миры тяготеютъ къ новымъ солнцамъ. И въ то время, какъ мое воображеніе уже утомилось, заселяя эти пустынные пространства все новыми и новыми мірами, передо мною снова открывается огромное пустое пространство, за которымъ опять начинается безконечная область.

## Ч А С Т Ь III.

### Физическая астрономія \*) или законы небесныхъ движеній.

#### Г Л А В А I.

#### Всемирное тяготѣніе.

§ 1. **Мгновенныя и непрерывныя силы.** Силы, съ которыми тѣла дѣйствуютъ другъ на друга, можно раздѣлить на двѣ весьма различныя категоріи. Однѣ дѣйствуютъ только между мельчайшими атомами одного и того же тѣла, такъ что кругъ дѣйствія ихъ очень ограниченъ; эти силы являются причиной того, что мы называемъ сѣпленіемъ я плотностью тѣла. Другія дѣйствуютъ между различными тѣлами на очень большія разстоянія; онѣ-то и производятъ движенія однихъ тѣлъ относительно другихъ. Силы первой категоріи называютъ молекулярнымъ притяженіемъ, силы второй категоріи—всеобщимъ притяженіемъ, тяжестью или всемирнымъ тяготѣніемъ.

Насъ преимущественно интересуютъ послѣдняя сила, сила всемирнаго тяготѣнія, и прежде всего мы покажемъ ея отличие отъ импульса, или простого толчка. Если мы толкнемъ или бросимъ какое-нибудь тѣло рукою или сообщимъ ему движеніе палкой, молоткомъ и т. под., то эта сила дѣйствуетъ только одно мгновеніе, пока длится тотъ толчекъ, послѣ котораго тѣло будетъ предоставлено само себѣ, между тѣмъ какъ сила всемирнаго тяготѣнія продолжаетъ дѣйствовать на него непрерывно. Поэтому силы перваго рода называютъ мгновенными, силу же всемирнаго тяготѣнія называютъ силой непрерывной.

Подъ дѣйствіемъ мгновенной силы, напримѣръ, толчка, тѣло пріобрѣтаетъ движеніе, направленіе котораго совпадаетъ съ направленіемъ толчка, и скорость котораго остается неизмѣнной, если на тѣло не дѣйствуютъ другія силы. Такимъ образомъ, движеніе тѣла, обусловливаемое только мгновенной силой, должно быть, во-первыхъ, прямолинейнымъ и, во-вторыхъ, равномернымъ, т.-е. тѣло должно двигаться постоянно съ одною и тою же скоростью по прямой линіи. Такого движенія мы, конечно, не можемъ наблюдать на землѣ, потому что всякое тѣло, которому мы при помощи механическихъ силъ сообщимъ мгновенный импульсъ, подвержено въ то же время силѣ притяженія земли, и, кромѣ того, всѣ эти тѣла движутся въ воздухѣ или въ какой-нибудь другой сопротивляющейся средѣ, такъ что къ данному импульсу присоединяются другія силы, затрудняющія и измѣняющія произведенное имъ движеніе.

\*) Въ настоящее время подъ названіемъ физической астрономіи обыкновенно разумѣютъ приложеніе фотографіи, фотометрии и спектральнаго анализа къ изученію небесныхъ тѣлъ. Этотъ отдѣлъ астрономіи иначе называется астрофизикою. Прежде же, и даже сравнительно еще недавно, названіе физической астрономіи давалось тому отдѣлу астрономіи, который теперь извѣстенъ подъ названіемъ небесной механики. Въ этомъ смыслѣ употребляетъ это названіе и авторъ книги.

Если же на движущееся тѣло дѣйствуетъ непрерывная сила, то она все время вліяетъ на его движеніе, постоянно измѣняетъ его и преобразовываетъ въ движеніе криволинейное, съ неравномѣрной скоростью. Только въ томъ случаѣ, если непрерывная сила дѣйствуетъ на тѣло какъ-разъ по направленію его движенія, проходимый имъ путь остается прямой линіей, но путь этотъ проходитъ имъ съ неравномѣрной скоростью. Этотъ случай имѣетъ мѣсто при свободномъ паденіи тѣлъ, простѣйшемъ видѣ движенія подѣ дѣйствіемъ непрерывной силы, которое мы можемъ наблюдать на нашей землѣ.

§ 2. Свободное паденіе тѣлъ на земной поверхности. Если мы какое-нибудь тѣло, напримѣръ, камень, лишимъ опоры, то увидимъ, что онъ сейчасъ же начнетъ падать на землю по направленію, перпендикулярному къ ея поверхности, или по такъ называемому вертикальному направленію, причемъ скорость паденія будетъ быстро возрастать.

По какому же закону происходитъ это возрастаніе скорости съ теченіемъ времени? Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, мы, какъ это часто дѣлается въ естественныхъ наукахъ, и особенно въ астрономіи, построимъ какую-нибудь гипотезу и посмотримъ, можетъ ли она объяснить наблюдаемое нами явленіе, причемъ для простоты не будемъ пока принимать во вниманіе сопротивленія воздуха и вліянія, оказываемаго вращеніемъ земли.

Простѣйшая и естественнѣйшая гипотеза будетъ, безъ сомнѣнія, слѣдующая: центръ земли обладаетъ постоянной и непрерывно-дѣйствующей силой, съ которою онъ притягиваетъ къ себѣ всѣ тѣла по направленію радіуса, т.-е. по направленію, перпендикулярному къ земной поверхности.

Положимъ теперь, что падающее тѣло къ концу первой секунды своего паденія приобрѣло такую скорость, что если бы на него вдругъ перестали дѣйствовать какія бы то ни было силы, оно начало бы двигаться равномерно, проходя въ каждую секунду, напр.,  $g$  футовъ. Такъ какъ, по нашему предположенію, сила земного притяженія постоянна, то въ каждую изъ слѣдующихъ секундъ скорость должна увеличиться настолько же, насколько она увеличилась я въ первую, т.-е. къ концу второй секунды она должна достигнуть  $2g$  футовъ, къ концу третьей— $3g$  фут. и т. д. Вообще, если обозначимъ буквой  $v$  скорость, достигнутую по прошествіи  $t$  секундъ, то будемъ имѣть слѣдующее простое отношеніе:

$$v = gt.$$

Это уравненіе показываетъ намъ, что если земля обладаетъ постоянной силой, то скорости, приобрѣтенныя свободно падающимъ тѣломъ по истеченіи различныхъ промежутковъ времени, должны отвоестись между собою, какъ самыя промежутки, протекшіе съ начала паденія, или, ипаче говоря, что эти скорости пропорціональны времени. Такое движеніе называется равномерно-ускорѣннымъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ скорость равномерно возрастаетъ съ теченіемъ времени.

Но обыкновенно бываетъ желательно знать не только скорость, но и пространство, пройденное тѣломъ по истеченіи извѣстнаго промежутка времени.

Съ этой цѣлью замѣтимъ прежде всего, что тѣло, по нашему предположенію, въ началѣ первой секунды совершенно не имѣло скорости, такъ какъ до начала паденія находилось въ покоѣ, къ концу же первой секунды имѣло скорость, равную  $g$  футамъ. Если мы предположимъ теперь, что тѣло въ теченіе всей первой секунды имѣло одну и ту же скорость и прошло за это время то же пространство, которое оно на самомъ дѣлѣ прошло при свободномъ паденіи, то эта равномерная скорость должна быть средней арифметической между тѣми двумя, которыми тѣло имѣло въ началѣ и въ концѣ первой секунды, т.-е. должна быть равна  $\frac{1}{2}g$ .

Въ началѣ второй секунды тѣло имѣло скорость  $g$ , а въ концѣ  $2g$ . Слѣдовательно,

для того, чтобы двигаться равномерно, пройти во вторую секунду то же пространство, что и при свободном падении, оно должно иметь среднюю скорость  $\frac{3}{2}g$ . Точно также, в третью секунду оно прошло бы то же пространство, что и при свободном падении, если бы имело скорость  $\frac{5}{2}g$ , среднюю между  $2g$  и  $3g$ . Итак, можем написать:

въ первую сек. пройдено пространство	$\frac{1}{2}g$	следовательно, въ одну сек. пройдено	$\frac{1}{2}g$
во вторую » » »	$\frac{3}{2}g$	» » два » »	$\frac{4}{2}g$
» третью » » »	$\frac{5}{2}g$	» » три » »	$\frac{9}{2}g$
» четвертую » » »	$\frac{7}{2}g$	» » четыре » »	$\frac{16}{2}g$

и такъ далѣе.

При первомъ взглядѣ на эту маленькую таблицу виденъ законъ, по которому образованы послѣднія числа, выражающія пространства, проходимыя тѣломъ въ 1, 2, 3... секунды, а именно, если черезъ  $t$  обозначимъ произвольное число секундъ, то соответствующее ему пространство будетъ  $\frac{1}{2}gt^2$ , такъ что пространства, проходимыя тѣломъ при свободномъ падении на землю, относятся между собою, какъ квадраты соответствующихъ промежутковъ времени.

При этомъ выводѣ мы предполагали, что импульсы силы земнаго притяженія слѣдуютъ другъ за другомъ черезъ промежутки въ 1 секунду, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ сила эта дѣйствуетъ непрерывно. Однако, тѣ же самые результаты мы получимъ, предположивъ, что промежутки эти дѣлятся всего собою часть секунды. И въ этомъ случаѣ мы опять найдемъ, что если сила земнаго притяженія постоянна то и возрастание скорости падущаго тѣла должно быть постояннымъ, или что скорости относятся между собою, какъ соответствующіе промежутки времени. Чѣмъ меньше будутъ эти промежутки, тѣмъ ближе будетъ подходить движеніе тѣла въ теченіе этихъ промежутковъ къ равномерному, такъ что будетъ оправдываться и второе наше предположеніе, что движеніе внутри каждаго такого промежутка происходитъ съ некоторой средней скоростью.

Такимъ образомъ, при свободномъ паденіи тѣла, скорости относятся между собою, какъ промежутки времени, а пройденныя пространства—какъ квадраты промежутковъ, въ теченіе которыхъ шло паденіе. Сохраняя за буквами  $g$ ,  $t$  и  $s$  прежнія значенія и называя буквой  $v$  пространство, пройденное тѣломъ въ  $t$  секундъ, будемъ имѣть слѣдующія два простыя соотношенія:

$$v = gt \text{ и } s = \frac{1}{2}gt^2,$$

изъ которыхъ легко выводится третье:

$$v^2 = 2gs.$$

При помощи этихъ соотношеній очень легко рѣшается множество интересныхъ вопросовъ, касающихся свободнаго паденія тѣла. Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

Высокая постройка, возведенная человѣческими руками—это Эйфелева башня въ Парижѣ, вершина которой возвышается на 300 метровъ надъ поверхностью земли. Примемъ, какъ и раньше, за единицу времени одну секунду средняго времени, т.-е.  $\frac{1}{8400}$  часть среднихъ сутокъ. Въ нашихъ широтахъ тѣло въ первую секунду паденія проходитъ 4,905 метровъ, по второму изъ полученныхъ нами уравненій, эта величина равна  $\frac{1}{2}gt$ , такъ что само  $g$  равно 9,810 метровъ (часть I, § 15). Подставивъ это значеніе  $g$  въ

то же самое второе уравнение и положивъ въ немъ  $s = 300$ , найдемъ, что камень, брошенный съ вершины Эйфелевой башни, достигнетъ земли черезъ 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub> секунды, и притомъ въ послѣдній моментъ его скорости будетъ такова, что, если бы онъ дальше началъ двигаться равномерно, то проходилъ бы въ каждую секунду 76 метровъ.

Самая высокая гора на земномъ шарѣ, Гауризанкаръ въ Индіи, возвышается на 8850 метровъ надъ уровнемъ моря. Если бы съ ея вершины могъ упасть по вертикальному направленію камень, то онъ достигъ бы поверхности моря только черезъ 42<sup>1</sup>/<sub>2</sub> секунды и въ концѣ паденія имѣлъ бы скорость, равную 416,6 метрамъ, что значительно превышаетъ скорость звука, которая равна всего 332 метрамъ въ секунду.

Среднее разстояніе отъ луны до земли составляетъ 384400 километровъ, или 384400000 метровъ. Если мы предположимъ, что сила земного притяженія на этомъ разстояніи такова же, какъ и у поверхности земли, и что, кромѣ того, луна не притягиваетъ къ себѣ окружающія тѣла, то наши уравненія дадутъ, что камень, падающій по прямой линіи съ луны на землю, достигнетъ послѣдней только черезъ 8854 секунды или черезъ 2 час. 27 мин. 34 сек. со скоростью 8680 метровъ.

Замѣтимъ, однако, что такіа предположенія крайне рискованы и даже невѣроятны. Въ самомъ дѣлѣ, если наша земля обладаетъ способностью притягивать къ себѣ все тѣла, то какое же мы имѣемъ основаніе думать, что луна, солнце, и вообще все остальные тѣла природы лишены этой способности? Почему одно какое-нибудь тѣло можетъ имѣть преимущество передъ всеми остальными? И если, на самомъ дѣлѣ, все тѣла обладаютъ такой силой, которая дѣствуетъ даже и на отдаленные предметы, то имѣемъ ли мы право думать, что эта сила на большихъ разстояніяхъ такова же, какъ на маленькихъ? Мы не можемъ удалиться отъ земной поверхности настолько, чтобы имѣть возможность наблюдать замѣненіе притягательной силы земли, такъ какъ высота высочайшихъ горъ и глубина глубочайшихъ ямъ ничтожны въ сравненіи съ длиною земнаго радиуса, и мы безъ замѣтной ошибки можемъ считать, что всѣ точки, лежащія какъ на вершинахъ горъ, такъ и на днѣ углубленій, одинаково удалены отъ центра земли, и что, слѣдовательно, и сила земнаго притяженія для всѣхъ ихъ одна и та же. Однако, для большихъ разстояній это разсужденіе непримѣнимо, но по какому же закону, въ такомъ случаѣ, имѣняется сила на различныхъ разстояніяхъ?

§ 3. Предшественники Ньютона. Прежде чѣмъ приступить къ отвѣту на этотъ вопросъ, рѣшенный великимъ Ньютономъ, сдѣлаемъ нѣсколько предварительныхъ замѣчаній, такъ какъ, безъ сомнѣнія, изъ всѣхъ научныхъ открытій самымъ блестящимъ и важнымъ по своимъ послѣдствіямъ является открытіе закона всемирнаго тяготѣнія, которому подчинены не только всѣ небесныя тѣла, составляющія нашу солнечную систему, но, какъ кажется, и все вообще тѣла, наполняющія мировое пространство.

Такъ называемая всемирная исторія, изъ которой мы узнаемъ обыкновенно о правителяхъ и о войнахъ, которыя они вели, во многихъ отношеніяхъ сильно отличается отъ исторіи человѣческой культуры. Въ первой часто цѣлая эпоха, сопровождаемая обыкновенно бурными переворотами, производится однимъ человекомъ. Вдругъ появляется, нередко изъ праха ничтожества, нарушитель мира; или наперекоръ своему времени и его владыкамъ, издвигаясь надъ всеми законами божескими и человѣческими, не страшась даже борьбы со стихіями и съ судьбой, покоряетъ оныя съ своими воеводами цѣлыя государства и части свѣта, попираетъ ногами счастье народовъ, чтобы на обломкахъ его воздвигнуть тронъ для своей династіи и къ концу своихъ славныхъ дѣяній добивается единодушнаго проклятія потомковъ или узкой могилы на пустынномъ островѣ въ океанѣ.

Не то мы видимъ въ великомъ паретѣ науки, развитіе которой идетъ впередъ медленно и мирно, если только не считать безкровныхъ распрѣй ученыхъ, и въ которой



почти никогда новыя эпохи не начинаются отдѣльными лицами безъ помощи другихъ. Большая часть великихъ идей, о которыхъ упоминаетъ исторія нашей культуры, тожько кажущимся образомъ исходить отъ одного человѣка. Не говоря уже о томъ, что для выполненія этихъ идей всегда необходима помощь другихъ, но и самая первоначальная мысль обыкновенно возникаетъ изъ родственныхъ мыслей многихъ гениальныхъ предшественниковъ. Въ самомъ дѣлѣ, почти каждый великій переворотъ въ области культуры сопровождается чѣмъ-то въ родѣ общаго броженія умовъ, которое охватываетъ всѣ лучшіе умы даннаго вѣка, направляя ихъ всѣ на одинъ предметъ, какъ бы по какому-то высшему инстинкту. Сначала ничтожный и незамѣтный, растеть мало-по-малу натискъ на ту область, въ которой скрыто сокровище; сначала поодиночкѣ, потомъ сразу многие рвутся въ запертую дверь, пока, наконецъ, по окончаніи уже всѣхъ предварительныхъ работъ, не выступитъ изъ толпы сынъ счастья и не сорветъ однимъ ударомъ руки запора, и сейчасъ же изъ широко распахнувшейся двери изливается потокъ свѣта, который освѣщаетъ всѣ неизвѣстныя, скрывавшіяся раньше въ глубокомъ мракѣ области кроткими, благодѣтельными лучами истины и знанія.

Такъ было и здѣсь. Ньютонъ не стоитъ совершенно одиноко, но ему была нужна помощь, и у него было много выдающихся предшественниковъ, которые проторили дорогу къ его высокой цѣли.

Приблизительно за два вѣка до открытія, о которомъ мы здѣсь говоримъ, Коперникъ (род. въ 1472 г., умеръ въ 1543 г.) показалъ, что земля и всѣ планеты движутся вокругъ солнца, какъ вокругъ общаго центра, и, такимъ образомъ, указалъ намъ единственный путь къ истинному познанію неба и дальнѣйшему развитію науки. Онъ далъ, такъ сказать, новый завѣтъ астрономіи, а Кеплеръ (род. въ 1571, умеръ въ 1630 г.) представилъ намъ новое и значительно исправленное его изданіе, показавъ, что планеты описываютъ не эксцентрисескіе круги, которыхъ придерживался еще Коперникъ, но эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ эллипсовъ, находится солнце. Но причина этого закона, такъ сказать, единый высшій законъ, изъ котораго законы Кеплера вытекаютъ, какъ простое слѣдствіе, былъ еще неизвѣстенъ.

Коперникъ и Кеплеръ жили задолго до Ньютона. Но есть и другіе, ближайшіе предшественники, которые часто довольно близко подходили къ великому открытію, обезсмертившему Ньютона. Французскій врачъ Бульо въ своей «*Astronomia Philolaisca*», вышедшей въ 1645 году, уже высказываетъ мысль, что сила, съ которою солнце дѣйствуетъ на планеты, обратно пропорціональна квадратамъ ихъ разстояній отъ солнца. Это представляетъ, собственно, главное положеніе Ньютона; но такъ какъ оно было высказано только въ видѣ гипотезы и не было подтверждено никакими доказательствами, то оно осталось безъ послѣдствій и скоро было забыто. Въ сочиненіи Борелли о спутникахъ Юпитера, появившемся въ 1666 году, также высказывается мнѣніе, «что движеніе планетъ вокругъ солнца должно совершаться по тому же закону, по которому движутся эти спутники вокругъ главной планеты и также луна вокругъ нашей земли». Это весьма важное и вполне справедливое замѣчаніе осталось безплоднымъ по той же причинѣ, какъ и замѣчаніе Бульо.

Еще дальне пошелъ Робертъ Гукъ, современникъ и соперникъ Ньютона, который уже въ 1666 г. представилъ Лондонской Королевской Академіи сочиненіе объ уменьшеніи тяжести тѣлъ на различныхъ высотахъ надъ земной поверхностью. Въ маѣ того же года онъ читалъ въ этой академіи записку о движеніи планетъ вокругъ солнца, въ которой старался объяснить прохождение кривыхъ путей планетъ соединеннымъ дѣйствіемъ двухъ силъ — одной постоянной, направленной по касательной къ орбитѣ и другой переменной, направленной къ солнцу. Въ изданномъ имъ въ 1674 г. мемуарѣ онъ высказываетъ слѣдующія положенія «всѣ небесныя тѣла обладаютъ притягательной силой, напра-

вленной къ ихъ центру, съ которой они дѣйствуютъ не только на собственныя составныя части, но и на всѣ другія тѣла, лежація внѣ; такого рода притягательная сила тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ближе другъ къ другу находятся притягиваемыя тѣла» и т. д.

Но всѣ эти и имъ подобныя идеи, заслуживавшія подробнаго и продолжительнаго разсмотрѣнія, были только слегка набросаны, безъ дальнѣйшаго изслѣдованія. А между тѣмъ только подробное изслѣдованіе первыхъ былыхъ мыслей, только усиленное размышленіе надъ ними можетъ довести ихъ до полной зрѣлости и подвинуть впередъ науку. Самъ Ньютонъ на вопросъ своего друга Галлея: «какъ онъ дошелъ до своего великаго открытія?» отвѣчалъ слѣдующими немногими, но знаменательными словами: «я безпреставно думалъ объ этомъ!»

Наконецъ, Гюйгенсъ также часто находился на той же дорогѣ. Гюйгенсъ (род. въ 1625 году, умеръ въ 1695 г.) былъ, безъ сомнѣнія, однимъ изъ величайшихъ геометровъ и остроумнѣйшихъ изслѣдователей не только своего, но и вообще всѣхъ временъ. Его теорія эволютъ, открытое имъ замѣчательное свойство циклоиды, его работы по теоріи вѣроятностей, установленная имъ теорія круговаго движенія, развитая имъ теорія удара тѣлъ, опредѣленіе центра качанія маятника, значительныя улучшенія, введенныя имъ въ часы съ гириями и съ пружиной, его оптическія открытія, касающіяся природы свѣта, теорія зрительныхъ трубъ, двойкой преломляемости islandскаго шпата, наконецъ, его практическія улучшенія оптическихъ инструментовъ, благодаря которымъ онъ открылъ кольцо Сатурна и перваго спутника этой планеты, а также и многія другія важныя заслуги упрочили за нимъ одно изъ самыхъ выдающихся мѣстъ въ исторіи научной культуры и, можетъ-быть, ему недоставало только одного шага, чтобы завять первое мѣсто, опередивъ даже Ньютона. Въ самомъ дѣлѣ, еще за нѣлыхъ 15 лѣтъ до обнародованія Ньютономъ принципа всемірнаго тяготѣнія, Гюйгенсъ показалъ, что вышеупомянутыя свойства центральнаго движенія тѣлъ по окружности круга можно свести къ тринадцати предложеніямъ, и если бы ему пришло въ голову только два изъ этихъ предложеній связать между собою и примѣнить ихъ къ случаю вращенія земли вокругъ своей оси и къ движенію луны около земли (что, собственно, и сдѣлалъ послѣ Ньютонъ и благодаря чему онъ пришелъ къ своему великому открытію), то онъ сталъ бы творцомъ новой системы. Но онъ не сдѣлалъ этого примѣненія, этого послѣдняго шага и потому долженъ былъ уступить пальму первенства другому, болѣе счастливому, Исааку Ньютону.

§ 4. Первые мысли Ньютона относительно закона всемірнаго тяготѣнія. Исаакъ Ньютонъ родился 25 декабря 1642 года. На восемнадцатомъ году своей жизни онъ поступилъ въ Кембриджскій университетъ, почти безъ всякой предварительной подготовки, которую считали для себя необходимой всѣ поступавшіе въ это знаменитое учрежденіе, и съ самаго начала занялся математикой. Его цѣль была геометрическимъ путемъ обнаружить заблужденія астрологін, которая въ то время насчитывала еще много приверженцевъ. Онъ началъ съ изученія сочиненій Эвклида, но скоро оставилъ ихъ, найдя ихъ слишкомъ легкими, такъ какъ многія изъ доказываемыхъ тамъ теоремъ казались ему аксіомами, справедливость которыхъ очевидна. Послѣ этого онъ обратился къ гораздо болѣе труднымъ сочиненіямъ, а именно къ геометріи Декарта, къ арифметикѣ безконечныхъ Уэльса и къ астрономическимъ трудамъ Кеплера, прочелъ ихъ и сдѣлалъ изъ нихъ выписки, которыя сохранилъ до конца своей жизни. Его гений скоро оцѣнили, и въ 1669 г. онъ былъ сдѣланъ профессоромъ математики въ Кембриджѣ на мѣсто знаменитаго Барроу; это мѣсто онъ занималъ до 1695 г., когда его назначили начальникомъ королевскаго монетнаго двора въ Лондонѣ, и эту важную и доходную должность онъ сохранилъ за собой до самой смерти, которая послѣдовала 20 марта 1727 г., на 85 году его жизни.

Когда въ 1666 г. въ окрестностяхъ Кембриджа свирѣпствовала чума, Ньютонъ

увязать на несколько месяцев на свою родину въ небольшую деревню въ Ливонширѣ, лежащую приблизительно въ 7 километрахъ къ югу отъ города Грантама. Здѣсь, когда онъ сидѣлъ однажды въ своемъ саду, яблоко, упавшее съ сосѣдняго дерева, впервые навело его на мысль о всеобщемъ притяженіи. Это дерево долго было предметомъ особеннаго уваженія для всѣхъ почитателей Ньютона. Въ 1726 г. сухой стволъ его былъ сломленъ бурей, и изъ обломковъ сдѣланъ стулъ, который и до сихъ поръ еще съ благоговѣніемъ показывается всѣмъ, посѣщающимъ мѣсто рожденія великаго челоуѣка. Если и нельзя вполне ручаться за достоверность этого преданія, которое, однако, въ послѣднее время снова находитъ себѣ многихъ защитниковъ, то все же нельзя считать его и совершенно невѣроятнымъ. Глѣе болѣе, что оно не единственное въ своемъ родѣ. Подобнымъ же образомъ качающаяся лампада въ Пизанскомъ соборѣ привела Галилея къ теоріи маятника и благодаря этому онъ сдѣлался творцомъ механики—науки, о которой древне не имѣли никакого понятія.

Но почему же падаетъ яблоко и вообще всякое тѣло, которое ничѣмъ не поддерживается?—вогъ былъ первый вопросъ, поразившій Ньютона. Такъ какъ яблоко падаетъ всегда перпендикулярно къ землѣ, то, значить, въ землѣ есть что то такое, что его притягиваетъ. Какимъ же образомъ, по какому закону дѣйствуетъ на падающее тѣло это что то, эта сила, какъ мы ее называемъ? И на какомъ разстояніи отъ земли эта сила еще можетъ проявить свое дѣйствіе? Если бы ея дѣйствіе могло простираться, напримѣръ, до луны, то какое вліяніе оказала бы она на это небесное тѣло? Луна, очевидно, связана съ землею, какъ и падающій камень, такъ какъ, если она и не падаетъ на землю, то во всякомъ случаѣ движется вокругъ нея. Быть-можетъ, это движеніе есть слѣдствіе той же силы земли, которая заставляетъ падать камень? А если это действительно такъ, то нельзя ли пойти еще дальше и приложить это заключеніе къ самой землѣ и даже ко всѣмъ планетамъ нашей солнечной системы? Въ самомъ дѣлѣ, земля и всѣ планеты, какъ показалъ Коперникъ, движутся вокругъ солнца, совершенно такъ же, какъ луна движется вокругъ земли. Если причину движенія луны является сила земли, то не можетъ ли движеніе земли и всѣхъ планетъ вокругъ солнца оказаться слѣдствіемъ подобной же силы, исходящей отъ солнца?

Настинъ великіе вопросы, такъ какъ разрѣшеніе ихъ равносильно познанію устройства нашей планетной системы. И все это изъ-за яблока, случайно упавшаго на землю! Сколько миллионновъ людей съ тѣхъ поръ, какъ существуетъ земля, подобно Ньютону, витѣли, какъ падаютъ тѣла, однако, не только ни одному изъ нихъ не пришли въ голову подобные вопросы, но и вообще они при этомъ ничего не думали!

И, однако, это были вопросы, предположенія и гипотезы — и только. И въ древнія, и въ новыя времена многимъ въ подобныхъ случаяхъ приходили въ голову подобные же вопросы. Мы уже витѣли выше, что Кеплеру, Гуку и Гюйгенсу предлаивались, если не эти самыя, то во всякомъ случаѣ весьма сходныя съ ними вопросы, но у нихъ не было возможности ближе изслѣдовать эти вопросы и проверить ихъ единственнмъ путемъ, не допускающимъ сомнѣній—вычислениями, и потому дѣло не пошло дальше предположеній и гипотезъ. Мы увидимъ ниже, что самъ Ньютонъ едва не потерпѣлъ неудачу по той же причинѣ.

Для того, чтобы ближе изслѣдовать эти вопросы, необходимо знать слѣдующее: 1) законъ, по которому дѣйствуетъ предполагаемая сила, 2) время оборота луны и разстояніе ея отъ земли; 3) истинныя размѣры земли и 4) законъ, по которому земля дѣйствуетъ на тѣла, находящіяся вблизи ея поверхности.

§ 5. Какъ дѣйствуетъ сила притяженія? Итакъ, первое, что нужно было знать Ньютону это законъ, по которому сила земли, если она вообще существуетъ, дѣйствуетъ на близкіе къ землѣ предметы. Свободно падающія тѣла, находящіяся у поверхности земли,

проходить въ первую секунду (см. § 2) 4,9 метра, и, повидимому, эта величина одинакова для всѣхъ точекъ земной поверхности и даже для всѣхъ высотъ и глубинъ, которыхъ мы можемъ достигнуть. Последнее обстоятельство не ввело, однако, Ньютона въ заблужденіе и не поколебало его увѣренности въ томъ, что съ увеличеніемъ разстоянія эта сила должна все болѣе и болѣе уменьшаться; наоборотъ, онъ окончательно утвердился въ своемъ предположеніи, что, если сила земли даже на разстояніи нѣсколькихъ километровъ, повидимому, остается неизмѣнной, то, значитъ, она должна быть достаточна велика для того, чтобы оказывать замѣтное еще дѣйствіе на небесныя тѣла, находящіяся отъ нея хотя бы на такомъ разстояніи, какъ луна.

Притягательную силу земли проще всего можно себѣ представить въ видѣ лучка лучей, которые выходятъ изъ центра земли, какъ, какъ или бѣ лучи свѣта, если бы центръ земли свѣтился. Вообразимъ себѣ полую поверхность шара, котораго радиусъ равенъ, напримѣръ, 1000 метрамъ и центръ совпадаетъ съ центромъ земли, внутренняя поверхность этой шарообразной оболочки будетъ освѣщаться этимъ свѣтомъ съ извѣстной силой. Если бы радиусъ шара былъ вдвое больше, т.-е. равнялся бы 2000 метрамъ, то весь тотъ свѣтъ, который раньше освѣщалъ поверхность меньшаго шара, падалъ бы на большую поверхность, и эта послѣдняя была бы освѣщена слабѣе и именно во столько разъ слабѣе, во сколько разъ поверхность второго шара больше поверхности первого. Но, такъ какъ извѣстно, что поверхности шаровъ относятся между собою, какъ квадраты ихъ радиусовъ, то поверхность второго шара, радиусъ котораго вдвое больше, будетъ освѣщена въ  $2^2 = 4$ , т.-е. въ 4 раза слабѣе. Точно такъ для шара, радиусъ котораго трое больше, чѣмъ у первого, освѣщеніе будетъ въ  $3^2 = 9$ , т.-е. въ 9 разъ, а для шара съ радиусомъ вчетверо большимъ, въ  $4^2 = 16$  разъ слабѣе, короче сказать, освѣщеніе будетъ уменьшаться во столько разъ, во сколько будетъ увеличиваться квадратъ разстоянія, или, что то же въ каждой точкѣ такихъ внутреннихъ шаровыхъ поверхностей освѣщеніе будетъ обратно пропорціоноально квадрату разстоянія.

То же самое можно сказать о притяженіи, оказываемомъ землею на всѣ тѣла, лежащія, внѣ ея, если только допустить справедливость предположенія, что свѣтъ и притяженіе распространяются по одному и тому же закону. Это предположеніе, во всякомъ случаѣ, болѣе естественное и простое, по Ньютону, кромѣ ничѣмъ не доказанной аналогіи со свѣтомъ, имѣлъ и другія основанія остановиться именно на этомъ предположеніи, и этими основаніями онъ обязанъ работамъ Кеплера и Гюйгенса, которыми онъ воспользовался для своей цѣли.

Въ 1618 г. Кеплеръ, послѣ нѣсколькихъ лѣтъ утомительныхъ вычисленій, произведенныхъ имъ съ рѣдкими терпѣніемъ, нашелъ, что квадраты времени обращенія планеты вокругъ солнца пропорціоноальны кубамъ радиусовъ ихъ пути (часть I, § 77). Гюйгенсъ же, въ числѣ вышеупомянутыхъ 13 предположеній высказалъ, между прочимъ, слѣдующее: при движеніи тѣла по окружностямъ круговъ, квадраты времени ихъ обращеній относятся между собою какъ радиусы этихъ круговъ, раздѣленные на такъ, которое эти тѣла оказываютъ по направленію, перпендикулярному къ окружности ихъ пути. Давленіе же это должно быть разсматриваемо какъ сила, направленная къ центру круга и производящая движеніе тѣла по кругу. Если мы свяжемъ эти два предположенія то изъ нихъ слѣдуетъ, что при всякомъ круговомъ движеніи давленіе движущагося тѣла т.-е. движущая или притягивающая сила, исходящая изъ центра этого круга, обратно пропорціоноальна квадрату его радиуса, т.-е. квадрату разстоянія притягиваемаго тѣла отъ притягивающаго центра — то же предположеніе, которое мы вывели вообще для притяженія тѣлъ, по аналогіи со свѣтомъ. Ньютонъ, кромѣ законовъ Кеплера, зналъ и это предположеніе и воспользовался имъ для своей цѣли, о чемъ онъ самъ вѣздѣ писалъ въ письмѣ къ Галлею.

Если предположить, что только-что указанный законъ убыванія притягательной силы земли справедливъ, то весьма легко вычислить, какое пространство пройдетъ въ 1-ую секунду паденія тѣла, находящееся на любомъ разстояніи отъ поверхности земли. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ паденіе тѣла по направленію, перпендикулярному къ поверхности земли обуславливается названной силой, то оно можетъ быть принято за истинную мѣру этой послѣдней. Поэтому пространство, проходимое въ первую секунду падающимъ тѣломъ, разстояніе котораго отъ земли выражено въ земныхъ радіусахъ, будетъ равно числу 4,9 (т.-е. пространству, проходимому у поверхности земли), дѣленному на квадратъ даннаго разстоянія. Такъ, напримѣръ, на вершинѣ горы Гауризанкаръ, высота которой равна 8850 метрамъ, что составляетъ 1,0014 земныхъ радіусовъ, паденіе тѣла въ первую секунду должно равняться  $4,9 : (1,0014)^2$  или 4,885 метрамъ, т.-е. будетъ всего на 15 миллиметровъ меньше, чѣмъ на уровнѣ моря. Конечно, такая незначительная разница не могла быть обнаружена наблюденіями, тѣмъ болѣе, что вершина горы никѣмъ еще не была достигнута, а на меньшихъ высотахъ разница еще меньше; поэтому современники Ньютона имѣли основаніе думать, что сила тяжести во всѣхъ точкахъ земной поверхности одна и та же.

Но если бы какое-нибудь тѣло находилось на разстояніи цѣлаго земнаго радіуса надъ поверхностью земли, то разстояніе его было бы вдвое больше, чѣмъ для тѣла, находящагося у поверхности, а потому въ первую секунду оно прошло бы только четвертую часть 4,9 метровъ, т.-е. 1,23 метра. На разстояніи трехъ земныхъ радіусовъ отъ центра, оно прошло бы только девятую часть этой величины, т.-е. 0,53 метра, на разстояніи 10 радіусовъ—сотую часть, т.-е. 0,049 метра и т. д. Если бы то же самое тѣло отстояло бы отъ насъ такъ же далеко, какъ и луна, т.-е. находилось бы на разстояніи 60,2778 земныхъ радіусовъ отъ центра земли, то пространство, проходимое имъ въ первую секунду, при паденіи на землю, было бы равно  $4,9 : (60,2778)^2$ , т.-е. составляло бы только 0,00135 метра или 1,3 миллиметра.

Этотъ результатъ долженъ быть безусловно точенъ, если только справедливо то предположеніе, на которомъ основаны всѣ наши вычисленія. Мы увидимъ сейчасъ, такъ ли это на самомъ дѣлѣ, и для этого воспользуемся непосредственными наблюденіями надъ луной.

**§ 6. Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся и находящіяся въ покоѣ тѣла.** Мы должны теперь показать, на основаніи наблюденій, что луна дѣйствительно падаетъ на землю, хотя собственно мы этого не замѣчаемъ, и что, при этомъ паденіи, она должна пройти въ первую секунду какъ разъ то пространство, которое мы нашли въ предыдущемъ параграфѣ. Чтобы доказать это, мы должны вернуться нѣсколько назадъ.

Если бы луну держала чья-нибудь мощная рука, и если бы эта рука внезапно выпустила луну, предоставивъ ее самой себѣ, то, какъ мы только-что видѣли, луна стала бы падать на землю по прямой линіи и въ первую секунду прошла бы 0,00135 метра. Въ дѣйствительности же эта невидимая рука не просто выпустила луну, предоставивъ ее самой себѣ, или, лучше сказать, дѣйствию земли, но бросила ее, голько не по направленію къ землѣ, а въ сторону, потому что иначе луна упала бы на землю по прямой линіи, а не обращалась бы вокругъ нея, какъ теперь.

Наблюдаемое нами движеніе луны заставляетъ насъ сдѣлать два предположенія, безъ которыхъ это движеніе было бы невозможно. А именно движеніе луны должно обуславливаться дѣйствіемъ двухъ различныхъ силъ, изъ которыхъ одна есть сила первоначальнаго толчка, а другая есть сила, покоящаяся въ центрѣ ея орбиты, или, иначе говоря, притягательная сила земли. Первая, подобно силѣ всякаго удара, дѣйствовала въ теченіе одного момента, вторая есть сила постоянная, и она въ каждый моментъ оказываетъ свое вліяніе на луну. Первая могла имѣть какое угодно направленіе, за исключеніемъ лишь одного, а именно направленія прямо на землю, такъ какъ въ

этомъ случаѣ луна упала бы на землю, направленіе же второй силы совпадало и совпадаетъ съ направленіемъ къ центру земли. Одна первая сила бросила бы луну въ міровомъ пространствѣ по направленію какой-нибудь прямой линіи; вторая сила также заставляетъ ее двигаться по прямой линіи, но всегда по направленію къ центру земли. взаимное же дѣйствіе обѣихъ силъ заставляетъ луну двигаться по той кривой линіи, которую, какъ мы знаемъ изъ наблюденій, она описываетъ вокругъ земли.

Отсюда видно, что на луну дѣйствуетъ не одна только сила земли, и что наблюдаемое движеніе нашего спутника завиститъ не только отъ этой силы, но и отъ того толчка, который луна получила при началѣ своего движенія. Поэтому прежде, чѣмъ приступить къ рѣшенію нашей задачи, намъ необходимо снова раздѣлить обѣ эти силы и изъ составнаго движенія луны выдѣлить только ту часть, которая завиститъ, какъ и паденіе камня, отъ притягательной силы земли.

Для этой цѣли намъ нужно изучить притягательное дѣйствіе земли на движущееся уже тѣло. Къ счастью, относящіяся сюда опыты и наблюденія мы можемъ производить на поверхности земли каждый день и безъ особаго труда. Мы знаемъ, что если мы выпустимъ изъ неподвижной руки камень или вообще какое-нибудь тѣло, то это послѣднее начинаетъ падать по направленію, перпендикулярному къ земной поверхности. Но, если мы бросимъ это тѣло по наклонному направленію, то оно не упадетъ на землю по прямой линіи, а опишетъ кривую линію, которая будетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ больше сила, бросившая тѣло. Лучшимъ примѣромъ сказаннаго является полетъ ядеръ при выстрѣлахъ изъ пушки.

Вообразимъ теперь, что передъ горизонтально установленной пушкой находится вертикальная стѣна на такомъ разстояніи отъ жерла, что ядро доходитъ до нея ровно чрезъ одну секунду послѣ того, какъ оно вылетѣло изъ пушки. Опишемъ затѣмъ на стѣнѣ ту точку, которая находится на одной высотѣ съ жерломъ пушки, иначе говоря, ту точку, въ которую попало бы ядро, если бы на него во время полета не дѣйствовала сила земнаго притяженія, и оно летѣло бы по горизонтальному направленію. Потомъ замѣнимъ также ту точку, куда послѣ выстрѣла дѣйствительно попадаетъ ядро. Гдѣ же лежитъ эта вторая точка? Она лежитъ ниже первой на 4.9 метра, то-есть на такую величину, которую ядро прошло бы, если бы оно свободно падало по вертикальному направленію.

Что же должны мы заключить изъ этого замѣчательнаго совпаденія? Очевидно, что, если на тѣло дѣйствуютъ двѣ силы, то каждая изъ нихъ вызываетъ такое измѣненіе въ его движеніи, какое она вызвала бы, если бы дѣйствовала только одна, то-есть, если бы другой силы вовсе не существовало. Камень, брошенный по какому-нибудь направленію, полетитъ по той самой прямой линіи, по которой онъ полетѣлъ бы, если бы на него не дѣйствовала притягательная сила земли. Подобнымъ же образомъ, подъ влияніемъ этой послѣдней силы, камень падаетъ по вертикальному направленію, по которому онъ падалъ бы и въ томъ случаѣ, если бы онъ не получалъ никакого первоначальнаго толчка, то-есть, если бы онъ просто былъ выпущенъ изъ неподвижной руки. Взаимное дѣйствіе этихъ силъ обуславливаетъ криволинейное движеніе камня, причемъ каждая безконечно малая дуга описываемой имъ кривой линіи, или, какъ говорятъ, каждый элементъ этой кривой составляется изъ двухъ прямолинейныхъ элементовъ, изъ которыхъ одинъ камень проходитъ подъ влияніемъ первоначальнаго импульса, а другой — подъ влияніемъ притягательной силы земли.

§ 7. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ лунѣ. Выпезаложенныя соображенія относятся также и къ лунѣ и могутъ быть примѣнены къ объясненію ея движенія. Прямая линія, по которой луна стремится двигаться подъ влияніемъ первоначальнаго толчка, совпадаетъ съ направленіемъ касательной къ ея орбитѣ; по этой прямой она стремится удалиться, и, въ самомъ дѣлѣ, удалилась бы отъ насъ, если бы на нее не

дѣйствовала притягательная сила земли. Подъ влияніемъ же этой послѣдней силы луна сходитъ съ упомянутой касательной и стремится приблизиться къ землѣ, другими словами, эта сила заставляетъ луну падать на землю.

Какой же величины должно быть то пространство, на которое луна приближается къ землѣ въ теченіе одной секунды?

Пусть  $C$  (рис. 258) есть центръ земли и  $AMD$  орбита луны, принимаемая нами въ данномъ случаѣ для простоты за окружность круга. Положимъ, что въ то время, какъ луна, при своемъ движеніи, вышла изъ точки  $A$ , на нее перестали дѣйствовать какія бы то ни было силы, въ такомъ случаѣ она продолжала бы идти въ томъ направленіи, по которому двигалась, находясь въ точкѣ  $A$ , то есть по прямой  $AB$ , касательной къ ея орбитѣ и перпендикулярной къ радіусу  $AC$ . Но, такъ какъ въ то же самое время на луну дѣйствуетъ притяженіе земли, то въ концѣ первой секунды она будетъ находиться не въ точкѣ  $B$ , лежащей на касательной, а въ некоторой точкѣ  $M$ , лежащей на орбитѣ и болѣе близкой къ центру  $C$ , совершенно подобно тому, какъ въ примѣрѣ предыдущаго параграфа, ядро попадетъ въ стѣну не въ точкѣ, лежащей въ точности противъ жерла пушки, а несколько ниже. Совершенно также луна встрѣляетъ радіусъ  $CB$ , играющій здѣсь роль стѣны, не въ точкѣ  $B$ , а въ точкѣ  $M$ , болѣе близкой къ землѣ, и расстояние между этими двумя точками, т. е. отрѣзокъ  $MB$  въ точности равенъ тому пространству, на которое луна приблизилась къ землѣ послѣ того, какъ она вышла изъ точки  $A$ , и которое бы она прошла въ первую секунду, если бы стала падать на землю, при отсутствіи начального импульса, подъ влияніемъ одного только земного притяженія.

Такимъ образомъ, отрѣзокъ  $BM$  представляетъ собой пространство, проходимое луной, при ея паденіи на землю; намъ нужно найти величину этого отрѣзка и посмотреть дѣйствительно ли онъ равенъ 0,00135 метра.

Но какъ найти его величину?

Въ элементарной геометріи доказывается, что  $BM$  равно квадрату дуги  $AM$ , раздѣленному на діаметръ  $AD$  описываемаго лунной круга, то есть на удвоенное расстояние луны отъ центра земли.

Такимъ образомъ, все сводится къ опредѣленію дуги  $AM$ . Для этого намъ необходимо знать время полного оборота луны около земли, которое еще древніе греки опредѣлили съ такой точностью (часть I. § 87), что астрономы повѣсивъ время лишь весьма незначительно исправили найденный ими результатъ. Время оборота луны относительно неподвижныхъ звѣздъ, или, иначе говоря, продолжительность ея сидерическаго оборота составляетъ (часть I. § 84) 27,3216614 дней, или 2360591,5 секундъ. Такъ какъ въ теченіе этого времени луна описываетъ полную окружность своей орбиты, то длину дуги  $AM$  мы найдемъ, раздѣливъ длину всей окружности на приведенное выше число секундъ. Но длина окружности круга равна, какъ извѣстно, произведенію удвоеннаго радіуса на лудопфово число 3,141592... Зная, что радіусъ лунной орбиты равенъ 60,2778 радіусамъ земли, находимъ, что длина окружности лунной орбиты составляетъ 378,736 земныхъ радіусовъ, и, следовательно, дуга  $AM$ , проходимая луной въ одну секунду, равенъ 0,00016044 земного радіуса.

Однако, мы не можемъ еще воспользоваться этими числами, потому что, желая сравнить величину паденія луны на землю съ пространствомъ, проходимымъ въ первую секунду падающимъ камнемъ, мы должны эту величину выразить въ метрахъ. Слѣдовательно мы должны имѣть въ метрахъ величину дуги  $AM$ ; а для послѣдней цѣли намъ нужно имѣть въ тѣхъ же единицахъ длину земного радіуса.

Примемъ земной радіусъ равнымъ 6372000 метровъ. Это довольно близкое къ истинѣ число было получено Пикаромъ, и во времена Ньютона оно представляло, самое на-

дежное значеніе радіуса земли. Отсюда находимъ, что дуга  $AM$  равна 1022 метрамъ, и такъ какъ діаметръ лунной орбиты равенъ 120,5556 земнымъ радиусамъ, то по вышеприведенной формулѣ длина отръзка  $BM$ , проходимого луной въ первую секунду, при ея паденіи на землю, будетъ равна квадрату числа 1022, раздѣленному на произведение чиселъ 120,5556 и 6372000, то-есть будетъ равенъ 0,00136 метра или почти въ точности той же самой величинѣ, которую мы нашли въ предположеніи, что сила земного притяженія измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній.

§ 8. Дальнѣйшія изслѣдованія Ньютона. Столь замѣчательное согласіе было бы несомнѣннымъ доказательствомъ справедливости нашего допущенія, что та сила, которая обуславливаетъ паденіе тѣлъ на поверхности земли, вызываетъ также движеніе луны вокругъ земли, если бы только мы не сдѣлали еще одного предположенія, которое, правда, является весьма вѣроятнымъ, но все же не можетъ считаться неоспоримымъ. А именно въ § 5 мы не только допустили, что сила земли измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, но и предположили, что эта сила сосредоточена въ центрѣ земли, откуда она уже дѣйствуетъ по всемъ направленіямъ. Если еще можно безъ доказательства допустить, что на такомъ разстояніи, на какомъ находится отъ земли луна или на еще большихъ разстояніяхъ земля дѣйствуетъ на тѣла такъ, какъ если бы вся ея масса была сосредоточена въ одной точкѣ. — въ ея центрѣ, то въ случаѣ тѣла, падающаго на самой поверхности земли, такого предположенія совершенно нельзя сдѣлать, не обосновавъ его какимъ-нибудь образомъ. Поэтому изъ предыдущихъ разсужденій пока мы можемъ только заключить, что земля притягиваетъ луну съ силою, обратно пропорціональною квадрату разстоянія, но не можемъ еще сказать, что это есть именно та сила, которая заставляетъ камень падать на землю. Это обстоятельство помѣшало, между прочимъ, Гюйгенсу вывести послѣднее слѣдствие изъ своихъ вышеупомянутыхъ 13 предположеній и сдѣлать, такимъ образомъ, основателемъ теоріи всемірнаго тяготѣнія; оно же побудило Ньютона пока прекратить относящіяся къ этому вопросу вычисленія и не публиковать полученныхъ результатовъ. Но, что Ньютонъ вообще не оставлялъ этого вопроса и продолжалъ заниматься имъ, объ этомъ свидѣлствуютъ многіе факты и, между прочимъ, слѣдующіе.

Въ 1678 году онъ получилъ отъ Лондонскаго Королевскаго Общества (Royal Society) предложеніе высказать свой взглядъ относительно появившагося въ то время и тогда надѣлавшаго много шума, а теперь уже совершенно забытаго сочиненія по физической астрономіи. Онъ исполнилъ это порученіе въ письмѣ къ секретарю общества Гукку, причемъ многоходомъ изложилъ вкратцѣ пришедшую ему въ голову мысль доказать вращеніе земли непосредственными наблюденіями. Для этой цѣли онъ предложилъ произвести теперь, всѣмъ извѣстный опытъ съ паденіемъ тѣла съ высокой башни (часть I, § 13), причемъ онъ доказалъ, что эти тѣла, вслѣдствіе вращенія земли, должны отклоняться къ востоку отъ основанія башни, такъ какъ при началѣ паденія они обладаютъ скоростью, съ которою движется вершина башни, а эта скорость больше той, съ которою движется ея основаніе. Академія нашла это предложеніе очень важнымъ и поручила привести его въ исполненіе Гукку, который считался наиболѣе опытнымъ наблюдателемъ. Когда Гукъ началъ заниматься этимъ предметомъ, онъ замѣтилъ, что тѣла должны отклоняться не только къ востоку, но, въ сѣверномъ полушаріи, также нѣсколько къ югу отъ основанія башни.

Ньютонъ тотчасъ же призналъ справедливость этого замѣчанія и въ своемъ отвѣтѣ Гукку изложилъ свои дальнѣйшія изслѣдованія по этому вопросу, причемъ онъ нашелъ, что путь брошеннаго тѣла при существованіи вращенія земли долженъ быть нѣкоторой спиралью. Однако, Гукъ съ этимъ не согласился, и нѣсколько времени спустя онъ отвѣтилъ Ньютону, что, согласно съ его новѣйшими изслѣдованіями по этому предмету, траекторія, по которой падаетъ тѣло на поверхность земли, въ случаѣ вращенія



этой послѣдней, должна быть эллиптической кривой, если только движеніе происходитъ въ безвоздушномъ пространствѣ, и если притягательная сила земли измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній.

Неизвѣстно, отвѣтилъ ли Ньютонъ на это второе замѣчаніе Гукъа; но несомнѣнно, что онъ понималъ всю его справедливость, такъ какъ оно послужило для него поводомъ, какъ онъ писалъ Галлею 27 июля 1686 года, продолжать свои изслѣдованія по этому предмету, результатомъ чего явилась очень важная теорема, которая есть собственно лишь дальнѣйшее развитіе найденнаго Гукомъ положенія. А именно Ньютонъ нашель, что если тѣло подѣ влияніемъ центральной силы описываетъ эллипсъ, и если сила сосредоточена въ фокусѣ описываемаго эллипса, то такая сила должна притягивать это тѣло по закону обратной пропорціональности квадратамъ разстояній его отъ фокуса. А, такъ какъ уже задолго до Ньютона, Кеплеръ нашель, что всѣ планеты описываютъ эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ нихъ, находится солнце, то, слѣдовательно, вмѣстѣ съ тѣмъ былъ открытъ также и законъ солнечнаго притяженія, но только опять-таки онъ не былъ еще строго доказанъ. Для этого нужно было бы еще показать, что и наоборотъ, если сила солнечнаго притяженія измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то планеты должны описывать вокругъ солнца эллипсы или вообще кривыя второго порядка. Но этого Ньютонъ, конечно, не могъ сдѣлать въ то время, такъ какъ для этого нужно было уже знать интегральное исчисленіе, которое тогда только-что зарождалось. Поэтому все еще оставалось сомнѣніе, не обладаетъ ли солнце какой-нибудь другой силой, которая также могла бы вызвать эллиптическое движеніе, тѣмъ болѣе, что въ томъ случаѣ, когда сила притяженія измѣняется прямо пропорціонально разстояніямъ, орбита движущагося тѣла также должна быть эллиптической кривой съ той только разницею, что мѣстопробываніе силы въ этомъ случаѣ совпадаетъ не съ фокусомъ эллипса, а съ его центромъ.

Отсюда видно, какъ Ньютонъ, хотя и медленно, но все же шагъ за шагомъ подходилъ къ своей цѣли, пока, наконецъ, ему не удалось положить послѣднее звено въ этой цѣпи, а именно доказать прекрасную теорему, что шаръ притягиваетъ всѣ тѣла, находится ли они далеко или близко отъ него, такъ, какъ если бы вся его масса была, сосредоточена въ его центрѣ. Этимъ былъ законченъ великій трудъ — былъ открытъ законъ всемірнаго тяготѣнія.

§ 9. Старое преданіе о томъ, какъ Ньютонъ открылъ законъ всемірнаго тяготѣнія. Ньютонъ очень долго не опубликовывалъ результатовъ своихъ изысканій, и такое замедленіе обыкновенно приписываютъ тому обстоятельству, что самъ онъ еще нѣсколько сомнѣвался въ справедливости своихъ положеній, такъ какъ, вслѣдствіе не-вѣрно принятыхъ размѣровъ земли, опредѣленная имъ величина паденія луны на землю не совпадала съ дѣйствительной. Это описываютъ слѣдующимъ образомъ.

Во время уединеннаго пребыванія у себя на редицѣ въ небольшой деревнѣ Уулъ-сорпъ, не имѣя подѣ руками точныхъ данныхъ относительно размѣровъ земли, онъ, согласно общераспространенному въ его время мнѣнію, принялъ длину одного градуса равной круглымъ числомъ, 60 англійскимъ милямъ. Такъ какъ англійская миля заключаетъ 1609,3 метра, то длина одного градуса получилась равной 96560 метрамъ; сообразно съ этимъ, для радіуса земнаго шара Ньютонъ ввелъ всего лишь 5532400 метровъ, что приблизительно на одну седьмую меньше истинной его величины. Если умножимъ это число на выраженную въ земныхъ радіусахъ величину пространства, проходимаго луною въ одну секунду, т. е. на 0,00016044, то найдемъ, что дуга *AM* (рис. 258), равна 887,6 метрамъ. Поэтому величина паденія луны на землю въ теченіе одной секунды будетъ равна квадрату числа 887,6 раздѣленному на произведеніе чиселъ 120,5556 и

5532400, то-есть будетъ равна 0,00118 метра вмѣсто 0,00135 метра. Эта разница слишкомъ значительна, чтобы ее можно было допустить.

Послѣднее становится яснѣе, когда мы, пользуясь найденной Ньютономъ величиной  $BM = 0,00118$ , рѣшимъ обратную задачу, т.-е. вычислимъ величину паденія тѣлъ на поверхности земли. Дѣйствительно, такъ какъ разстояніе отъ луны до земли равно 60,2778 земнымъ радіусамъ, то, если бы величина  $BM$ , получаемая Ньютономъ, была приблизительно вѣрна, величина паденія тѣлъ на поверхности земли равнялась бы квадрату 60,2778, умноженному на 0,00118, то-есть должна была бы быть равной 4,2 метрамъ. Но все наши наблюдения показываютъ, что эта величина равна 4,9 метрамъ, причемъ она опредѣлена съ такой точностью, что, какъ это было извѣстно и Ньютону, она можетъ отличаться отъ истинной своей величины не болѣе, какъ на 3 сантиметра, а не на дѣльяхъ 70.

Получивъ такое несогласіе вычисленій съ наблюдениями, Ньютонъ не заподозрилъ неточности какой-нибудь изъ принятыхъ въ основаніе его вычисления величинъ, напримѣръ, радіуса земли, времени оборота луны или разстоянія послѣдней отъ земли, а сдѣлалъ заключеніе, что, слѣдовательно, невѣрно его предположеніе, въ справедливости котораго онъ былъ такъ убѣжденъ, а именно, что та же самая сила, которая заставляетъ камень падать на землю, вызываетъ также и движеніе луны илп, что, если это предположеніе вѣрно, то, быть-можетъ, невѣрно допущеніе, что эта сила измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній. Поэтому онъ оставилъ все относящіяся сюда изслѣдованія, какъ основанныя на невѣрныхъ положеніяхъ, и, можетъ-быть, никогда больше не вернулся бы къ нимъ, если бы 16 лѣтъ спустя случай не побудилъ его снова обратиться къ своимъ прежнимъ вычисленіямъ.

Это случилось въ іюнь 1682 года, когда онъ находился въ числѣ тѣхъ академикомъ, которые пріѣхали въ академию раньше другихъ и ожидали въ зданіи академіи назначеннаго въ этотъ день засѣданія. Здѣсь говорилось, между прочимъ, о новомъ градусномъ измѣреніи, произведенномъ во Франціи въ то время еще мало извѣстнымъ Пикаромъ, и одинъ изъ академикомъ показывалъ полученное имъ письмо, гдѣ были сообщены результаты этого измѣренія. Ньютонъ списалъ себѣ приведенныя въ письмѣ числа, дождался конца засѣданія и, вернувшись домой, сталъ сравнивать данныя, только-что имъ полученныя, съ тѣми, которыя онъ положилъ въ основаніе своихъ вычисленій въ 1666 году и сейчасъ же замѣтилъ, что недалеко исполненіе столь долго желѣянной имъ мечты; имѣя точныя числа, онъ увидѣлъ, что онъ находится на порогѣ великаго открытія; однако, теперь его нервы были такъ возбуждены неожиданнымъ счастьемъ, что онъ не могъ окончить начатыхъ вычисленій. Находясь въ такомъ состояніи, онъ сообщилъ свои идеи вошедшему какъ-разъ въ эту минуту его другу, который взялъ карандашъ и довелъ до конца вычисленія.

Хотя этотъ разсказъ представляется весьма правдоподобнымъ и отличается поэтическимъ описаніемъ счастья великаго человѣка, однако, онъ относится къ числу тѣхъ многочисленныхъ историческихъ анекдотовъ и изреченій знаменитыхъ людей, которыя передаются какъ крылатыя слова отъ поколѣнія къ поколѣнію, но не выдерживаютъ научной критики. По справедливому замѣчанію Адамса, непонятнымъ здѣсь является то, что уже въ 1665 году астрономамъ были извѣстны гораздо болѣе точныя размѣры земли, чѣмъ тѣ, которые принялъ Ньютонъ; а именно въ 1615 году Снелдіусъ въ Голландіи произвелъ тщательныя измѣренія и нашелъ длину одного градуса по меридіану равной 107340 метрамъ, а его соотечественникъ Норвудъ въ 1634 году получилъ для длины одного градуса 111680 метровъ, то-есть опредѣлялъ ее даже точнѣе, чѣмъ Пикаръ. Что касается измѣреній послѣдняго, то они еще въ 1672 году были сообщены Королевскому Обществу. Такимъ образомъ, Ньютонъ 10 лѣтъ, повидимому, совершенно

не интересовался тѣмъ, какое вліяніе могутъ оказать эти измѣренія на его теорію. Однако, нельзя же приписать простой безпечности этотъ удивительный недостатокъ интереса къ столь важному вопросу, и въ действительности дѣло обстоитъ, вѣроятно, гораздо проще. Прежде чѣмъ Ньютонъ не доказалъ въ 1684 году своей прекрасной теоремы относительно притяженія какой-нибудь точки шаромъ, онъ свои сравненія силы тяготѣнія на разстояніи, равномъ радіусу лунной орбиты, съ силой притяженія на поверхности земли, считалъ лишь грубымъ приближеніемъ, не заслуживающимъ того, чтобы эти вычисления произвели съ болѣе точными данными.

§ 10. Краткое содержаніе «Principia» Ньютона. Какъ только Ньютонъ убѣдился въ справедливости гипотезы, что всѣ тѣла притягиваются съ силою, прямо пропорціональною квадратамъ ихъ разстояній и, такимъ образомъ, открылъ великій законъ природы, весь міръ представился вдругъ передъ его глазами: солнце съ своими планетами и кометами, планеты со своими спутниками, словомъ, все, что было скрыто до сихъ поръ отъ человѣческаго глаза, теперь открылось передъ нимъ въ полной гармоніи вмѣстѣ съ законами, управляющими движеніемъ небесныхъ тѣлъ. Съ новыми силами онъ приступилъ къ своимъ прежнимъ изслѣдованіямъ, которыя онъ предпринималъ время отъ времени относительно этихъ важныхъ вопросовъ, и теперь онъ старался связать между собою различные выводы, чтобы такимъ образомъ объяснить всѣ небесныя явленія. Онъ скоро увидѣлъ, что его законъ объясняетъ не только эллиптическое движеніе планетъ, но и цѣлый рядъ другихъ явленій, оставшихся до тѣхъ поръ совершенно непонятными. Однако, эти работы, это дальнѣйшее развитіе основнаго закона природы, требовали еще большей затраты духовныхъ силъ, чѣмъ самое открытіе закона. Вотъ зто-то трудъ и его блестящее выношеніе и служить истоящимъ доказательствомъ гениа Ньютона.

Четыре года онъ неустанно занимался этими важными и трудными вопросами, и, наконецъ, въ 1686 году, т.-е. 20 лѣтъ спустя послѣ того, какъ у него зародилась первая идея о законѣ всемірнаго тяготѣнія, онъ опубликовалъ результаты своихъ работъ въ безсмертномъ сочиненіи: «Principia philosophiæ naturalis mathematicæ», которое до сихъ поръ считается однимъ изъ самыхъ великихъ произведеній человѣческаго гениа.

Въ этомъ сочиненіи прежде всего вообще разсматриваются кривыя линіи, по которымъ движутся тѣла подъ вліяніемъ данныхъ силъ, причемъ наиболѣе подробно изучены наблюдаемые въ природѣ случаи, когда центральная сила дѣйствуетъ обратно пропорціонально квадратамъ разстоянія. Далѣе доказывается, что при такомъ законѣ природы притяженіе шаромъ какой-нибудь внѣшней точки происходитъ такъ, какъ-будто эта сила притяженія сосредоточена въ центрѣ шара. Но, такъ какъ притягательной силой обладаютъ не только солнце, но и вообще всѣ тѣла, то планеты притягиваются не только солнцемъ, но также и взаимно, другъ другомъ: отсюда слѣдуетъ, что эллиптическая кривая, по которой каждая планета должна была бы двигаться вокругъ солнца при отсутствіи другихъ планетъ, подъ вліяніемъ этихъ послѣднихъ значительно измѣняется и превращается въ очень сложную кривую. Къ счастью, эти планеты такъ малы сравнительно съ солнцемъ и, кромѣ того, отълены другъ отъ друга такими громадными разстояніями, что возмущенія, оказываемыя ими, незначительны и потому безъ ощутительной ошибки можно изслѣдовать возмущенія, производимыя какой-нибудь одной планетой въ дискретнн какой-нибудь другой, считая на время безъ вниманія всѣ остальные. При такомъ устройствѣ нашей солнечной системы знаніе достаточно для теоретическаго изученія движенія планеты, найти сначала элементъ ея эллиптической орбиты (часть I, § 82) и затѣмъ уже поочередно вычислять возмущенія, производимыя въ ея движеніи другими планетами. Такимъ образомъ, эти изслѣдованія сводятся къ такъ называемой задачѣ о трехъ тѣлахъ, то-есть къ опредѣленію движенія планеты подъ притягательнымъ дѣйствіемъ солнца и подъ возмущающимъ

дѣйствіемъ какой-нибудь другой планеты, которая въ сравненія съ солнцемъ обладаетъ гораздо меньшей массой.

Дальвѣйшее развитіе того же закона природы дало возможность опредѣлить массы солнца и планетъ, ихъ плотности и пространства, проходимыя въ первую секунду свободно падающимъ на ихъ поверхности тѣломъ, то-есть дало возможность отвѣтить на такіе вопросы, которыхъ древніе по весьма понятнымъ причинамъ не могли даже поставить.

Стараясь объяснить причину большого сжатія Юпитера, которое незадолго передъ тѣмъ было открыто Кассини, Ньютонъ пришелъ къ заключенію, что и земля должна быть сжата у полюсовъ, хотя и меньше, чѣмъ Юпитеръ и опредѣлилъ теоретически фигуру земли. Онъ нашель, что развивающаяся, влѣдствіе вращенія земли, центробѣжная сила на экваторѣ въ 289 разъ меньше силы тяжести, что діаметръ земного экватора относится къ длинѣ оси вращенія какъ 230 къ 229. и что земля имѣетъ форму тѣла, получающагося при вращеніи эллипса около его малой оси.

Ньютонъ доказаль затѣмъ, что загадочныя явленія приливовъ и отливовъ представляютъ простое слѣдствіе луннаго и солнечнаго притяженій, и показаль, какъ можно опредѣлить ихъ величину и время ихъ наступленія. На основаніи своего закона онъ объяснилъ большія неравенства въ движеніи луны, а именно: эвекцію, вариацию и годичное уравненіе (смотри ниже §§ 47 и 49) и показаль, что эти неравенства, равно какъ и быстрое движеніе узловъ и линии апсидъ (§§ 53, 54) у этого спутника есть простое слѣдствіе открытаго имъ закона. Исходя изъ пріятельнаго дѣйствія, оказываемаго солнцемъ и луной на сжатую у полюсовъ землю, онъ представиль явленіе предваренія равноденствій вполнѣ согласно съ наблюденіями (часть I, § 50). Кометы онъ разсматриваль какъ небесныя тѣла, совершающія такое же закономѣрное движеніе около солнца, какъ и планеты и показаль, какъ изъ наблюденій вывести элементы ихъ орбитъ, и, въ видѣ примѣра, нашель элементы знаменитой кометы 1680 года. Кроме того, въ этомъ сочиненіи изложены также основанія гидростатики и гидродинамики, т.-е. теорія равновѣсія и движенія жидкостей, приведены трудныя и глубокія изслѣдованія движенія твердаго тѣла въ жидкой и газообразной средѣ; разобрано вліяніе сопротивленія, оказываемаго такой средой движенію тѣла; опредѣлена фигура тѣла, при которой это сопротивленіе является наименьшимъ, дана теорія движенія маятника и теорія движенія тѣла, брошеннаго въ сопротивляющуюся средѣ; изложены законы распространенія звука въ воздухѣ, законы движенія воды въ трубахъ и каналахъ; установлены свойства свѣта (теорія истеченія) и т. д.

Несмотря на столь богатое содержаніе, это великое произведеніе цѣлымъ 50 лѣтъ не находило того широкаго распространенія, котораго оно заслуживало. Прежде всего пришлось долго бороться съ тѣми трудностями, которыя встрѣчаются обыкновенно при распространеніи каждой новой истины. Затѣмъ самое содержаніе этой книги требовало отъ читателя столь большой предварительной подготовки и такихъ способностей, что изъ современниковъ Ньютона нашлись всего два или три человека, которые могли прочесть и понять его сочиненіе. Наконецъ, въ своей книгѣ Ньютонъ пользуется синтетическимъ методомъ древнихъ грековъ, которому онъ въ теченіе всей своей жизни оказываль особое предпочтеніе, хотя онъ всѣ свои открытія сдѣлаль, повидимому, не этимъ, довольно труднымъ путемъ, а болѣе легкимъ путемъ математическаго анализа и только уже послѣ, при изложеніи полученныхъ результатовъ, переходиль къ синтетическому методу. Нужно вообще пожалѣть, что при разъясненіи своихъ открытій, Ньютонъ не имѣль тѣхъ разсужденій, которыя привели его къ цѣли, и что онъ совсемъ пропустиль доказательства нѣкоторыхъ теоремъ, предпочитая, повидимому, не изучать своего читателя, а задавать ему трудныя задачи. Между тѣмъ знать тотъ методъ, которымъ руководился гений при своихъ открытійхъ, иногда не менѣе интересно и поучительно чѣмъ самыя открытія.

§ 11. **Общность закона всемірнаго тяготѣнія.** Мы видѣли что Ньютонъ дока-

заль справедливость закона всемирнаго тяготѣнія собственно только для луны, но по аналогіи онъ перенесъ законъ измодѣствія между землею и луной на солнце и планеты и имѣлъ на это полное право, такъ какъ въ своихъ «Ртисеріахъ» онъ показалъ, что законы Кеплера являются лишь непосредственнымъ слѣдствіемъ закона всемирнаго тяготѣнія. Съ насъ довольно было бы знать, что законъ этотъ справедливъ въ предѣлахъ нашей солнечной системы. Эти границы его господства уже такъ далеки отъ насъ или, иначе говоря, область, надъ которой царить солнце, во столько разъ больше всѣхъ земныхъ государствъ, что мы могли бы быть вполне счастливыми, зная хотя и краткій, но строго исполняющийся сводъ законовъ этой повстаній неизмѣримой монархіи. Изъ известныхъ намъ въ настоящее время планетъ солнечной системы дальше всего отъ солнца находится Нептунъ; его разстояніе отъ солнца въ 30 разъ больше разстоянія, отблѣющаго землю отъ солнца и, слѣдовательно, оно равно 4460 милліонамъ километровъ. Если бы пушечное ядро летѣло не останавливаясь и каждую секунду проходило бы 200 метровъ, то ему понадобилось бы 700 дѣтъ, чтобы пройти такой путь. Но эта планета находится еще далеко отъ границъ солнечнаго царства, потому что нѣкоторыя кометы, которыя, безъ сомнѣнія, описываютъ вокругъ солнца эллиптическія орбиты, отстоятъ отъ него на разстояніи, превышающемъ приблизительно въ 4 раза среднее разстояніе отъ Нептуна до солнца и все же повинуются третьему закону Кеплера, представляющему простое слѣдствіе закона всемирнаго тяготѣнія.

А какіе законы имѣютъ мѣсто въ этой области, за предѣлами солнечнаго царства? Было бы, пожалуй, слишкомъ смѣло пытаться узнать, что происходитъ въ такихъ отдаленныхъ областяхъ и какіе законы имѣютъ тамъ силу. Однако, человѣческій гений взялся за рѣшеніе и этой трудной задачи. Мы видѣли, что въ физическихъ системахъ двойныхъ звѣздъ (часть II, § 190) одно небесное тѣло обращается вокругъ другого, принятаго за неподвижное, и во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ было сдѣлано опредѣленіе его орбиты, оказалось, что орбита эта есть эллиптическая кривая, въ одномъ изъ фокусовъ которой лежитъ главная звѣзда. Слѣдовательно, каждое новое опредѣленіе орбиты двойной звѣзды является лишнимъ доказательствомъ справедливости того мнѣнія, что законъ нашей солнечной системы дѣйствуетъ также и въ областяхъ, отстоящихъ отъ насъ на неизмѣримо огромныя разстоянія, и поэтому, весьма вѣроятно, что законъ всемирнаго тяготѣнія является общимъ закономъ для всей безконечной природы.

§ 12. Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли. Въ началѣ этой главы мы показали, что если тѣло движется по кривой линіи, то на него должны дѣйствовать, по крайней мѣрѣ, двѣ силы. Одной изъ этихъ силъ можетъ быть простой импульсъ, начальнаго мгновеннаго толчокъ, вследствие котораго тѣло полетѣло бы съ равномерной скоростью по прямой линіи; другая изъ дѣйствующихъ силъ не можетъ быть мгновенной силой, но должна быть непрерывной и постоянно дѣйствующей, потому что только въ этомъ случаѣ можно объяснить непрерывное измѣненіе направленія пути тѣла и его скорости.

На первый взглядъ, кажется, что опредѣленіе траекторіи тѣла, находящагося подъ дѣйствіемъ нѣсколькихъ различно направленныхъ силъ, является вопросомъ далеко не легкимъ. Но мы уже раньше, именно въ § 47 первой части, упоминали объ основномъ принципѣ механики, который облегчаетъ рѣшеніе этой задачи, и имѣемъ въ § 6 настоящей части мы еще разъ вкратцѣ коснулись этого принципа, теперь же, такъ какъ онъ особенно для насъ важенъ, мы остановимся на немъ нѣсколько подробнѣе.

Если на какое-нибудь тѣло дѣйствуютъ двѣ силы, то, согласно съ выведеннымъ изъ опыта закономъ механики, каждая изъ нихъ дѣйствуетъ такъ, какъ будто бы она существовала только одна. На основаніи этого положенія, которое можно назвать принципомъ сложения и разложенія силъ, можно дѣйствіе каждой силы разсматривать отдѣльно,

а это значительно облегчает вопрос объ опредѣленіи траекторіи тѣла, подверженнаго совокупному дѣйствию многихъ силъ.

Выше (§ 2) мы уже разобрали простѣйшій видъ движенія подъ вліяніемъ притягательной силы земли, а именно мы рассмотрѣли случай свободнаго паденія. Сдѣлаемъ теперь еще шагъ впередъ; положимъ, что тѣло *A* (рис. 259) брошено на поверхности земли по направленію *Ad*, и что одновременно съ этимъ на него дѣйствуетъ притяженіе земли. Если бы движеніе тѣла происходило подъ дѣйствіемъ только мгновеннаго импульса, то оно описало бы прямую линію *Azγ* . . . , проходя въ каждую секунду равные отрѣзки *Az*, *zβ*, *βγ* . . . , причѣмъ длина каждой изъ нихъ составляетъ, напримѣръ, 10 метровъ. Дальше, притягательную силу земли, на основаніи вышеприведенныхъ соображеній (§ 5), можно считать постоянной, причѣмъ въ различные моменты она дѣйствуетъ по параллельнымъ между собою направленіямъ отвѣсныхъ линій, перпендикулярныхъ къ поверхности земли, и, если бы на тѣло *A* дѣйствовало только притяженіе земли, то въ теченіе первой секунды оно приблизилось бы къ земной поверхности на 4,9 метровъ. Для краткости обозначимъ эту величину буквой *s*. Такъ какъ въ первую секунду тѣло проходитъ пространство *s*, то въ двѣ секунды оно пройдетъ *4s*, въ три - *9s*, въ четыре - *16s* и т. д.

Проведемъ теперь черезъ точки *z*, *β*, *γ* . . . прямой *Ad* вертикальныя линіи *αb*, *βc*, *γd* . . . и отложимъ на нихъ отрѣзки

<i>αB</i>	равный	<i>s</i> ,
<i>βC'</i>	»	<i>4s</i> ,
<i>γD</i>	»	<i>9s</i> ,
<i>δE</i>	»	<i>16s</i> и такъ далѣе.

Такимъ образомъ, мы получимъ точки *A*, *B*, *C*, *D* . . . , въ которыхъ будетъ находиться брошенное тѣло въ началѣ 1-ой, 2-ой, 3-ей, 4-ой . . . секунды. Соединяя затѣмъ эти точки кривою линіею *ABCD* . . . , мы получимъ некую кривую брошеннаго тѣла. Полученная кривая будетъ тѣмъ точнѣе, чѣмъ меньше будутъ части *Az*, *zβ*, *βγ* . . . горизонтальной линіи *Ad*. Рисунокъ 259 показываетъ также, что эту кривую можно разсматривать какъ состоящую изъ ряда діагоналей параллелограммовъ, образуемыхъ двумя дѣйствующими силами. Въ первую секунду силы изображаются отрѣзками *Az* и *αB*, и *AB* есть діагональ построеннаго на нихъ параллелограмма. Если бы въ концѣ первой секунды на тѣло перестала дѣйствовать сила притяженія, то оно продолжало бы двигаться по направленію *Bb* этой діагонали, не измѣняя направленія движенія. Но, подъ вліяніемъ силы тяжести, оно будетъ падать по направленію *Bb*, такъ что истинный его путь, пройденный во вторую секунду, будетъ равенъ діагонали *BC* параллелограмма, построеннаго на двухъ силахъ *Bb* и *Bb'*. Далѣе, въ третью секунду, вследствие приобретенной въ точкѣ *C* скорости, тѣло двигалось бы по направленію *Cc*, которое составляетъ продолженіе *BC*, но, подъ вліяніемъ силы тяжести, оно снова должно двигаться по вертикальному направленію *Cc*, и потому истинный путь его представится опять діагональю *CD* параллелограмма, построеннаго на двухъ силахъ *Cc* и *Cc'* и т. д.

Такъ какъ вертикальныя линіи *αB*, *βC'*, *γD* . . . , соответствующія равнымъ отрѣзкамъ *zβ*, *βγ* . . . горизонтальной линіи *Az*, относятся между собою какъ 1, 4, 9 . . . , то-есть, какъ квадраты натуральныхъ чиселъ, и, такъ какъ въ этомъ заключается известное свойство параболы (смотри ниже § 15), то очевидно слѣдуетъ, что путь брошеннаго на землѣ тѣла опредѣленъ геометрически.

§ 13. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ искусственной лунѣ. Изъ только-что приведенныхъ разсужденій, въ полномъ согласіи съ ежедневнымъ опытомъ, вытекаетъ, что параболическій путь брошеннаго на поверхности земли тѣла будетъ тѣмъ

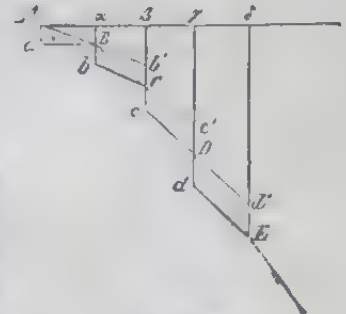


Рис. 259.

длиниѣ или, другими словами, тѣло тѣмъ позже достигнетъ поверхности земли, чѣмъ сильнѣе былъ начальный толчокъ, т.-е., чѣмъ длиннѣе отрѣзокъ  $Aa$ . Этотъ отрѣзокъ можетъ быть, наконецъ, настолько великъ, что тѣло совсѣмъ не упадетъ на поверхность земли и должно будетъ описывать кривую линію вѣкругъ земного шара. Такимъ образомъ, это тѣло двигалось бы совершенно такъ же, какъ уже давно движется наша луна, и мы, слѣдовательно, имѣли бы въ такомъ случаѣ одной лунной болше; впрочемъ, очевидно, что если бы въ нашемъ распоряженіи была необходимая для этого сила, то мы могли бы создать сколько угодно такихъ лунъ. Какова же должна быть эта сила, какъ велика должна быть начальная скорость, чтобы можно было достигнуть нашей цѣли?

Отвѣтъ на эти вопросы даютъ намъ законы механики: если мы пространство, проходимое падающимъ тѣломъ въ первую секунду, умножимъ на діаметръ планеты, на поверхности которой происходитъ паденіе, и извлечемъ изъ полученнаго числа квадратный корень, то и получимъ искомую начальную скорость, съ которою надо бросить наше тѣло.

Напримѣръ, для земли пространство, проходимое падающимъ тѣломъ въ первую секунду, равняется 4,9 метрамъ, а діаметръ земного шара составляетъ 12756000 метровъ. Произведеніе этихъ чиселъ равно 62504400, а корень квадратный изъ этого числа равенъ 7906. Поэтому пушка должна имѣть такой зарядъ, который бы сообщилъ ядру въ моментъ выстрѣла скорость, равную 7906 метрамъ въ секунду. Но до этого намъ еще очень далеко.

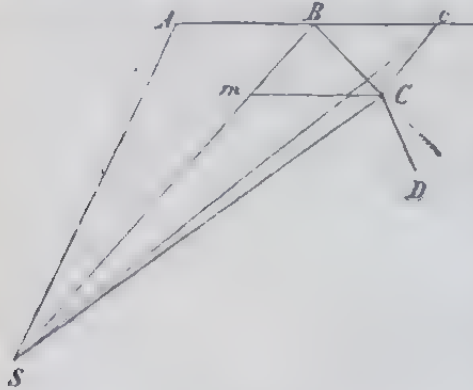


Рис. 260.

еще настолько велика, что жители луны, при осуществленіи такихъ опытовъ, должны были бы встрѣтить не мало затрудненій.

§ 14. Принципъ сохраненія площадей при движеніи подъ вліяніемъ центральной силы. Отъ выше разсмотрѣннаго вопроса естественнымъ является переходъ къ движенію спутниковъ вѣкругъ планетъ и къ движенію планетъ вѣкругъ солнца. Положимъ, что планета  $A$  (рис. 260) въ началѣ своего движенія получила толчокъ вѣдѣствие какихъ-нибудь вѣнннихъ причинъ, и что подъ вліяніемъ этого импульса она въ первую секунду должна пройти пространство  $AB$ . Если бы загѣмъ на нее не дѣйствовали никакія силы, то во вторую секунду движеніе ея продолжалось бы по тому же самому направлению и она прошла бы отрѣзокъ  $Bc = AB$ . Но изъ планеты постоянно дѣйствуетъ притягательная сила солнца, неизмѣнное положеніе котораго мы примемъ въ точкѣ  $S$ ; поэтому въ теченіи второй секунды планета притягивается солнцемъ по направлению  $BS$  и подъ вліяніемъ этого притяженія пройдетъ пространство  $Bm$ . Вѣдѣствие этого планета, выхотясь въ точкѣ  $B$ , обладаетъ двумя скоростями:  $Bc$  и  $Bm$ , изъ которыхъ первая, по закону вѣрдии, направлена по касательной къ орбитѣ, а вторая — по линіи  $BS$ , соединяющей планету  $B$  съ  $S$ . Проведемъ теперь черезъ точку  $C$  прямую линію  $cC$ , равную и параллельную  $Bm$ , и построимъ параллелограмъ  $BCcm$ : тогда  $BC$ , діагональ этого параллелограмма, представляетъ истинный путь планеты въ теченіи второй секунды и въ концѣ этой секунды планета будетъ находиться въ точкѣ  $C$ .

Площади треугольников  $ASB$  и  $BSc$  равны между собой, такъ какъ основаніе  $AB$  одного изъ нихъ равно основанію  $Bc$  другого, и, кромѣ того, они имѣютъ общую вершину  $S$ , которая, очевидно, находится на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ обѣихъ основаній. Но площади треугольниковъ  $BSc$  и  $BSC'$  также равны между собою, такъ какъ у нихъ общее основаніе  $SB$ , и ихъ вершины  $C$  и  $c$  находятся на линіи  $Cc$ , параллельной основанію, такъ что и у этихъ треугольниковъ, какъ и у выше разсмотрѣнныхъ, основанія и высоты равны. Отсюда слѣдуетъ, что площади треугольниковъ  $ASB$  и  $BSC'$  равны между собою; то же самое относится и къ треугольникамъ  $BCS$  и  $CSD$ , если въ концѣ третьей секунды планеты будутъ находиться въ точкѣ  $D$ , и такъ дѣле для каждой слѣдующей точки.

Изъ этого слѣдуетъ, что если сила центральная, то-есть, если притягательная сила сосредоточена въ одной неподвижной точкѣ  $S$ , то при движеніи притягиваемаго тѣла вокругъ этой точки долженъ имѣть мѣсто законъ площадей. Этотъ законъ заключается въ томъ, что площади  $ASB$ ,  $ABC'S$ ,  $ABCD'S$ ..., описываемыя вокругъ притягивающей точки  $S$  радиусами  $SA$ ,  $SB$ ,  $SC$ ..., пропорциональны промежуткамъ времени, въ теченіе которыхъ онѣ описаны, другими словами, — площади, описанныя въ теченіе двухъ, трехъ, четырехъ... секундъ, будутъ въ 2, 3, 4... раза больше площади, описанной въ одну секунду времени. Это и есть первый законъ Кеплера, который мы уже разсмотрѣли выше (часть I, § 73). Кеплеръ вывелъ его непосредственно изъ наблюдений и притомъ установилъ его только для эллиптическихъ орбитъ планетъ. Но вышеприведенный простой выводъ показываетъ, что это справедливо для всякой орбиты описываемой подъ влияніемъ центральной силы; нетрудно видѣть также, что справедливо и обратное положеніе, а именно, что если радиусы движущаго тѣла, исходя изъ одной неподвижной точки  $S$ , описываютъ вокругъ нея площади, пропорціональны временамъ, то движеніе тѣла должно происходить подъ влияніемъ центральной силы, сосредоточенной въ точкѣ  $S$ .

§ 15. **Коническія сѣченія.** Если на тѣло дѣйствуетъ сила, обратно пропорціональная квадрату разстоянія, какъ, напримѣръ, сила всемирнаго тяготѣнія, то такое тѣло не всегда будетъ описывать эллипсъ, а вообще должно двигаться по одной изъ такъ называемыхъ кривыхъ второго порядка или, иначе говоря, по одному изъ коническихъ сѣченій. Коническія сѣченія бываютъ трехъ родовъ; ихъ-то мы теперь и изучимъ подробно.

Если черезъ центр  $C$  горизонтальнаго круга  $BD$  (рис. 261) провести вертикальную прямую линію  $AC$  и затѣмъ около какой-нибудь точки  $A$  этой линіи вращать другую прямую такъ, чтобы она постоянно проходила черезъ точку  $A$  и черезъ окружность круга, то эта вторая движущаяся прямая опишетъ кривую поверхность, которая называется конической. Тѣло, ограниченное конической поверхностью, называется конусомъ, а точка  $A$  получаетъ названіе вершины конуса. Линія  $AB$  носитъ названіе производящей. Подвижную линію можно мысленно продолжить за точку  $A$ , и тогда она опишетъ, вслѣдствіе выше сообщеннаго ей движенія, двойную коническую поверхность, причѣмъ въ этомъ случаѣ неподвижную точку можно разсматривать какъ центр конической поверхности.

Положимъ теперь, что поверхность конуса въ какой-нибудь точкѣ  $M$  пересѣкается плоскостію  $MN$ , тогда въ пересѣченіи конической поверхности съ сѣкущей плоскостію  $MN$  получается кривая линія второго порядка. Такія кривыя, при различныхъ положеніяхъ плоскости  $MN$ , имѣютъ различную форму и обладаютъ различными свойствами. Здѣсь

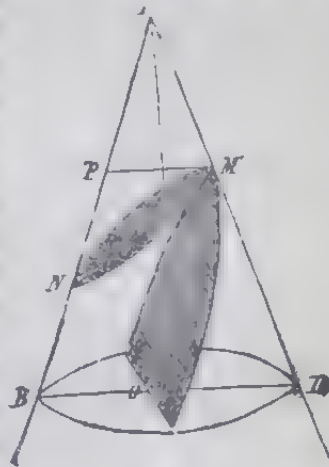


Рис 261.



можно отыскать три главных случая, обусловливаемых положением плоскости сечения относительно плоскости  $MO$ , параллельной производящей  $AB$ .

Пока сѣкущая плоскость  $MN$  лежитъ надъ плоскостью  $MO$ , т.-е. гдѣ-нибудь въ углу  $AMO$ , она будетъ постоянно встрѣчать производящую  $AB$ , противолежащую точкѣ  $M$  и въ сѣченіи съ конической поверхностью будетъ давать замкнутую кривую линію. Такого рода кривыя въ геометріи называются эллиптическими. Ихъ главные свойства мы уже изучили раньше (часть I, § 75). Если сѣкущая плоскость лежитъ очень близко къ  $MA$ , то въ сѣченіи получается довольно удлинненный эллипсъ, обладающій значительнымъ эксцентриситетомъ. При приближеніи плоскости  $MN$  отъ  $MA$  къ  $MO$ , эксцентриситетъ эллипса будетъ уменьшаться, и, когда  $MN$  приметъ положеніе  $PM$ , параллельное плоскости круга  $BD$  или, иначе говоря, перпендикулярное къ оси конуса  $AC'$ , въ сѣченіи получится кругъ, который можно разсматривать какъ эллипсъ съ эксцентриситетомъ, равнымъ нулю. Если затѣмъ сѣкущая плоскость  $MN$  начнетъ опускаться еще ближе къ неподвижной прямой  $MO$ , то снова въ сѣченіи будутъ получаться эллипсы, и чѣмъ ниже опустится сѣкущая плоскость  $MN$ , тѣмъ значительнѣе будутъ размеры и эксцентриситетъ эллипса. Такъ какъ производящія  $AB$  и  $AD$  конуса можно представить себѣ продолженными также подъ кругомъ  $BD$ , то очевидно, что все время, пока сѣкущая плоскость лежитъ въ углу  $AMO$ , она будетъ встрѣчать производящую  $AB$  или ея продолженіе, и въ сѣченіи всегда будетъ получаться замкнутая кривая линія, т.-е. эллиптическая кривая.

Но какъ только сѣкущая плоскость  $MN$  совпадаетъ съ плоскостью  $MO$ , этого уже больше не будетъ. Въ этомъ случаѣ сѣченіе больше не будетъ проходить черезъ производящую  $AB$ , противолежащую точкѣ  $M$ , потому что линіи  $MO$  и  $AB$  параллельны между собой и, следовательно, никогда не могутъ пересѣчься, какъ бы далеко мы ни продолжали конусъ ниже круга  $BD$ . Въ этомъ случаѣ въ сѣченіи уже не получается замкнутая кривая, ея часть, противоположная точкѣ  $M$ , будетъ открыта, и по обѣ стороны отъ линіи  $MO$  двѣ ея равныя вѣтви простираются въ бесконечность. Эта кривая, существенно отличающаяся отъ эллиптической, называется параболической.

Если же сѣкущая плоскость  $MN$  будетъ двигаться еще дальше, т.-е. будетъ находиться гдѣ-нибудь между сторонами  $OM$  и  $MD$  треугольника  $OMD$ , то и въ этомъ случаѣ, очевидно, въ сѣченіи будутъ получаться кривыя линіи, открытыя со стороны, противоположной точкѣ  $M$ , и состоящи, подобно параболическимъ кривымъ, изъ двухъ равныхъ бесконечныхъ вѣтвей. Несмотря на это, онѣ будутъ существенно отличаться отъ параболическихъ кривыхъ. Дѣйствительно, если продолжитъ производящія конуса  $BA$  и  $DA$  за точку  $A$  и, такимъ образомъ, дополнитъ рисунокъ до упомянутого выше двойного конуса, то сейчасъ же станетъ ясно, что въ этомъ случаѣ сѣкущая плоскость  $MN$  встрѣчаетъ не только нижнюю, но и верхнюю часть конуса, проходя, такимъ образомъ, черезъ оба конуса. Поэтому получающаяся при этомъ кривая линія состоитъ изъ двухъ отдѣльных, совершенно подобныхъ частей, обращенныхъ другъ къ другу своими вершинами; каждая изъ нихъ, въ свою очередь, состоитъ изъ двухъ равныхъ вѣтвей, удаляющихся въ бесконечность въ сторону, противоположную вершинѣ. Эта кривая линія съ четырьмя бесконечными вѣтвями называется гиперболической.

Итакъ, пока сѣкущая плоскость  $MN$  лежитъ надъ  $MO$ , т.-е. въ углу  $AMO$ , въ сѣченіи получается эллипсъ; когда сѣкущая плоскость совпадаетъ съ  $MO$ , получается парабола и, если, наконецъ, сѣкущая плоскость лежитъ подъ  $MO$  или, иначе говоря, въ углу  $OMD$ , то въ сѣченіи получается гипербола. Такимъ образомъ, парабола является границей, отдѣляющей эллипсы отъ гиперболъ, подобно тому, какъ кругъ, проходящій черезъ  $MP$ , отдѣляетъ между собою эллипсы, лежащіе ниже и выше него и обладающие тѣмъ большимъ эксцентриситетомъ, чѣмъ дальше они отстоятъ съ той или съ другой сто-

роны отъ этого круга. Легко понять, что для каждой точки  $M$  конуса существуетъ только одно положеніе  $MO$  сѣкущей плоскости, при которомъ въ сѣченіи съ конусомъ получается парабола; точно также существуетъ только одно положеніе ея  $MP$ , для котораго сѣченіе будетъ кругомъ; для эллипсовъ же и для гиперболъ существуетъ безчисленное множество положеній сѣкущей плоскости; нужно только чтобы сѣкущая плоскость лежала вообще гдѣ-нибудь выше или ниже плоскости  $MO$ , дающей въ сѣченіи параболу, причемъ въ первомъ случаѣ получается эллипсъ, а во второмъ гипербола.

§ 16. Условія, при которыхъ орбита будетъ эллиптической или гиперболической. Сдѣлавъ эти замѣчанія, мы снова обратимся къ движению планетъ вокругъ солнца. Движеніе планетъ обуславливается, согласно съ предыдущимъ, дѣйствіемъ двухъ силъ. Одна изъ нихъ есть притягательная сила солнца, обратно пропорціональная квадрату разстоянія планеты отъ солнца, и такъ какъ это разстояніе мѣняется, то силу солнца мы должны разсматривать также какъ переменную. Вторая же сила есть тотъ мгновенный импульсъ или толчокъ, который планета получила въ началѣ своего движенія, вслѣдствіе ли притяженія находившагося въ то время недалеко отъ нея какого-нибудь тѣла, или отъ другихъ какихъ-либо причинъ. Если бы дѣйствовала только одна первая сила, то она заставила бы планету двигаться съ постоянно увеличивающеюся скоростью по прямой линіи къ солнцу, такъ какъ эта сила постоянно направлена къ солнцу. Если бы, наоборотъ, дѣйствовала только одна вторая сила, то планета, согласно съ закономъ инерціи, двигалась бы съ равномерной скоростью къ той точкѣ неба, куда былъ направленъ начальный толчокъ. Но, при одновременномъ дѣйствіи обѣихъ силъ, планета опишетъ, какъ это подробно было объяснено въ §§ 12 и 14, кривую линію, причемъ, если элементы  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  и т. д. (рис. 260) взяты достаточно малыми, то они будутъ представлять собой касательныя къ орбитѣ планеты и въ то же время будутъ служить диагоналями параллелограммовъ, построенныхъ на отрѣзкахъ, изъ которыхъ одинъ равенъ по величинѣ и по направленію притягательной силѣ солнца, а другой совпадаетъ и по величинѣ, и по направленію съ послѣднимъ элементомъ пройденнаго пути.

Изъ разсмотрѣнія рисунка 260 видно, что кривизна пути, какъ въ первый, такъ и въ слѣдующіе моменты движенія зависитъ отъ отношенія силы первоначальнаго толчка къ притягательной силѣ солнца. Поэтому этимъ же отношеніемъ обуславливается, будетъ ли орбита движущагося тѣла эллиптической, параболической или гиперболической, и, если, на примѣръ, тѣло будетъ описывать эллипсъ, то то же самое отношеніе опредѣляетъ величину его эксцентриситета.

Нетрудно воишь строго разобрать всѣ эти случаи. Дѣйствительно, въ механикѣ доказывается, что тѣло описываетъ около солнца параболу въ томъ случаѣ, если его скорость въ каждой точкѣ орбиты равна квадратному корню изъ 2, умноженному на характеристику нашей солнечной системы (часть I, § 78) и раздѣленному на корень квадратный изъ его разстоянія до солнца, выраженнаго въ частяхъ большой полуоси земной орбиты \*). Если скорость меньше этой величины, то тѣло движется по эллиптической кривой; если больше, то его орбитой будетъ гиперболическая кривая.

\*) Въ сущности разстояніе слѣдовало бы выразить въ тѣхъ же единицахъ, которыя были приняты при вычисленіи характеристики  $k$ . Поэтому, когда за единицу разстояній принимается среднее разстояніе отъ земли до солнца, сказанное въ текстѣ воишь справедливо. Въ томъ же случаѣ, когда за единицу разстояній, при вычисленіи  $k$ , принимается километръ, слѣдовало бы и всѣ разстоянія выражать въ километрахъ. Но такъ какъ авторъ въ § 78 первой части, при вычисленіи  $k$ , въ сущности не принялъ за единицу разстоянія километръ, а, если можно такъ сказать, только выразилъ  $k$  въ километрахъ, то сказанное въ текстѣ остается справедливымъ и для этого случая.

Но такъ какъ характеристика  $k$  нашей солнечной системы, выраженная въ километрахъ и отнесенная къ секундѣ какъ къ единицѣ времени, равна 29,59 (часть I, § 78), то  $k \sqrt{2} = 41,84$ . Допустимъ, далье, что планета записалась на своей орбитѣ точку, ближайшую къ солнцу, т.-е. находится въ перигелии (часть I, § 127). Въ такомъ случаѣ, называя расстояние перигелия отъ солнца, выраженное въ частяхъ большой полуоси земной орбиты, буквой  $q$  и обозначая буквой  $P$  число 41,84, раздѣленное на корень квадратный изъ  $q$ , мы можемъ сказать, что небесное тѣло будетъ описывать вокругъ солнца эллипсъ, параболу или гиперболу, смотря по тому, будетъ ли его начальная скорость въ перигелии меньше, равна или больше  $P$ .

Такимъ образомъ, пока начальная скорость заключается между нулемъ и  $P$ , постоянно получаются эллипсы; но только сначала, когда скорость очень мала, эти эллипсы выпянуты или, иначе говоря, обладаютъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ. Съ увеличеніемъ скорости, эксцентриситетъ эллипсовъ уменьшается и, наконецъ, обращается въ нуль, когда скорость равна приблизительно тремъ четвертямъ  $P$ \*); въ этомъ случаѣ орбита становится круговой. Если скорость будетъ еще увеличиваться, то эксцентриситетъ получающихся при этомъ эллипсовъ снова будетъ возрастать, пока, наконецъ, при скорости, равной  $P$ , эллипсъ не обратится въ параболу, а при еще большей скорости въ гиперболу. Такимъ образомъ, разсматривая коническія сѣченія не только съ геометрической, но также и съ чисто механической или астрономической точки зрѣнія, мы видимъ, что парабола является границей между эллипсами и гиперболами, а кругъ составляетъ переходъ отъ одного рода эллипсовъ къ другому.

Слѣдовательно, для такого опредѣленія орбиты нужно знать начальную скорость планеты. Но какъ намъ опредѣлить ее? Небесныя свѣтила образовались, по всей вѣроятности, уже за много милліоновъ лѣтъ до тѣхъ поръ, какъ появился на землѣ родъ человѣческій. Въ какихъ же архивахъ должны мы искать извѣстія объ этихъ давно прошедшихъ временахъ?

Мы увидимъ ниже, что движенія планетъ, дошедшія до насъ отъ древнихъ астрономовъ, вполнѣ согласны съ тѣми, которыя мы наблюдаемъ теперь; поэтому мы имѣемъ полное основаніе считать, что движеніе планетъ въ теченіе даже очень большого промежутка времени совершается всегда по однимъ и тѣмъ же законамъ и не мѣняется съ теченіемъ времени. Чтобы окончательно убѣдиться, что планета въ теченіе многихъ тысячелѣтій проходила и будетъ проходить черезъ перигелии всегда съ одинаковой скоростью и на одинаковомъ разстояніи отъ солнца, намъ нужно только измѣрять каждый разъ ея скорость въ этой точкѣ.

Примѣнимъ вышесказанное къ нашей землѣ. При своемъ прохожденіи черезъ перигелии она отстоитъ отъ центра солнца на разстояніи, равномъ 0,9832 большой полуоси своей эллиптической орбиты, и скорость ея движенія въ этой точкѣ составляетъ 30,09 километровъ въ секунду. Въ этомъ случаѣ величина  $q = 0,9832$  и потому  $P = 42,19$  километровъ. Поэтому, если бы скорости земли въ моментъ ея образованія была равной 42,19 километровъ, то орбита земли была бы параболической, а при еще большей начальной скорости земля двигалась бы вокругъ солнца по гиперболической кривой. Въ обоихъ этихъ случаяхъ она удалялась бы по безконечнымъ кривымъ параболической или гиперболической кривой все далье и далье отъ солнца и никогда бы не вернулась къ нему обратно. Но ея начальная скорость равнялась всего 30,09 километровъ, то есть она была на 12,1 километровъ меньше той, которая была бы для нея роковой. И земля стала двигаться по эллиптической орбитѣ только потому, что ея начальная скорость была меньше 42,19.

\* Точнѣе  $0,707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Если бы эта скорость равнялась 29,84 километрамъ, т.-е. была бы всего на 0,25 километровъ меньше, чѣмъ въ дѣйствительности, то земля двигалась бы по окружности круга: отсюда слѣдуетъ, что наша планета описываетъ одну изъ эллипсовъ, заключающихся между кругомъ и параболой, и притомъ такой, который лежитъ недалеко отъ круга *PM* (рис. 261); поэтому эксцентриситетъ земной орбиты малъ, и она имѣетъ форму, близкую къ окружности круга.

Нѣсколько иначе дѣло обстоитъ съ Меркуриемъ, съ этой ближайшей къ солнцу планетой, для которой  $P = 75,4$ . При такой скорости его орбита была бы параболической и при еще ббльшей скорости—гиперболической. Но по наблюденимъ его скорость въ перигелии равна 60,5, т.-е. она на 15 километровъ меньше параболической и на 7,2 больше круговой скорости; поэтому орбита Меркурия тоже эллиптическая, но уже съ довольно значительнымъ эксцентриситетомъ.

§ 17. Вѣроятность эллиптической орбиты. Такимъ образомъ, мы видимъ, что изъ безчисленнаго множества скоростей, которыми можетъ обладать тѣло, только одна соответствуетъ параболѣ, и точно также лишь при одной определенной скорости орбита небснаго тѣла будетъ круговой, наоборотъ, начальныхъ скоростей, обуславливающихъ эллиптическое или гиперболическое движеніе тѣла, бесконечно много. Отсюда слѣдуетъ, что вѣроятность кругового движенія тѣла около солнца для нашей системы очень незначительна; если бы даже планета случайно стала описывать круговую орбиту, то малѣйшія измѣненія въ ея скорости, вызванныя, напримѣръ, притяженіемъ третьяго тѣла, обратили бы эту орбиту въ эллиптическую или гиперболическую; такимъ образомъ, послѣднія двѣ кривыя можно считать наиболее вѣроятными. Съ другой стороны, эллиптическая орбита можетъ произойти легче, чѣмъ гиперболическая, потому что для эллипса достаточно даже незначительнаго начального толчка, тогда какъ для гиперболы нужны такія силы, которыя превосходятъ извѣстный предѣлъ.

Поэтому мы можемъ принять, что планеты, подъ совместнымъ вліяніемъ силы солнца, дѣйствующей обратно пропорционально квадратамъ разстояній, и силы того импульса, который получила планета въ моментъ своего образованія, движутся вообще по эллиптическимъ кривымъ, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце. При такомъ движеніи планета, выйдя изъ своего афелия, на первой половинѣ своей орбиты будетъ приближаться къ солнцу, а затѣмъ начнетъ снова отъ него удаляться; и здѣсь читатели, мало знакомые съ предметомъ, нѣрѣдко высказываютъ сомнѣніе, возможно ли, чтобы та сила солнца, которая должна притягивать планету въ каждой точкѣ ея орбиты, позволяла въ то же время ей удалиться отъ солнца. Но, послѣ нѣкотораго размышленія, не трудно отвѣтить на этотъ вопросъ. Когда планета выходитъ изъ той точки орбиты, гдѣ она ближе всего находится къ солнцу, направленіе ея движенія, совпадающее всегда съ касательной къ ея орбитѣ, какъ-разъ перпендикулярно къ радиусу-вектору, т.-е. къ линіи, соединяющей планету съ центромъ солнца. Какъ какъ въ перигелии она находится на кратчайшемъ разстояніи отъ солнца, то здѣсь она сильнѣе всего притягивается этимъ послѣднимъ, но въ то же время и тангенціальная скорость ея (скорость по направленію касательной) здѣсь наибольшая, и перемѣщеніе планеты по касательной за какой-нибудь промежутокъ времени гораздо значительнѣе ея перемѣщенія по направленію къ солнцу за тотъ же промежутокъ времени; слѣдовательно, тангенціальная сила въ перигелии является преобладающей, и планета будетъ удаляться отъ солнца. Пока планета находится на первой половинѣ своей орбиты, т.-е. пока она движется отъ перигелия къ афелию, солнце все время притягиваетъ ее къ себѣ и противодействуетъ тому движенію, вслѣдствіе котораго планета отъ него удаляется. Поэтому тангенціальная скорость планеты мало-по-малу уменьшается, пока планета не придетъ, наконецъ, въ афелий. Въ этой точкѣ ея тангенціальная скорость наименьшая, и вмѣстѣ съ тѣмъ дѣйствіе на нее солнца, вслѣд-

стве наибольшего расстояния, должно быть также наименьшим. Но, несмотря на это, в афелии послѣдняя сила больше тангенціальвой или, другими словами, здѣсь преобладаетъ центральная сила, и поэтому планета, при движеніи по второй половинѣ своей орбиты, должна приближаться къ солнцу, пока она не дойдетъ до перигелія, послѣ чего она начинаетъ совершать второй оборотъ вокругъ солнца совершенно такъ же, какъ совершила первый.

§ 18. **Центръ свободнаго вращенія планетъ.** Здѣсь намъ представляется наиболѣе удобнымъ коснуться двухъ принциповъ механики, которые имѣютъ весьма большое значеніе для всего, что происходитъ въ природѣ. Въ первомъ изъ этихъ принциповъ дѣло идетъ о такъ называемомъ центрѣ свободнаго вращенія.

Какъ обращеніе планетъ вокругъ солнца, такъ и ихъ вращеніе вокругъ осей совершается, насколько мы знаемъ, всегда въ одномъ и томъ же направленіи, а именно съ запада на востокъ. Вслѣдствіе этого каждая точка обращенной къ солнцу половины планеты обладаетъ двойнымъ движеніемъ, а именно: 1) орбитальнымъ движеніемъ вокругъ солнца, которое является общимъ для всѣхъ точекъ планеты и направлено съ запада на востокъ, и 2) вращеніемъ вокругъ оси, которое для указанной половины планеты совершается съ востока на западъ и имѣетъ, такимъ образомъ, направленіе противоположное предыдущему. Это послѣднее движеніе, являющееся результатомъ вращенія вокругъ оси, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше находится разсматриваемая точка отъ центра планеты, который вовсе не принимаетъ участія во вращательномъ движеніи. Поэтому на обращенной къ солнцу половинѣ планеты должна существовать такая точка, для которой движеніе вокругъ солнца съ запада на востокъ равно вращательному движенію съ востока на западъ, и которую при такомъ двойномъ движеніи можно разсматривать какъ неподвижную. Вотъ эта-то точка въ механикѣ носитъ названіе центра свободнаго вращенія.

Обозначимъ буквой  $r$  отношеніе радиуса планеты къ радиусу ея орбиты и буквой  $s$  отношеніе времени оборотовъ планеты вокругъ солнца и вокругъ ея оси, тогда расстояние  $a$  центра свободнаго вращенія отъ центра планеты, выраженное въ радиусахъ послѣдней, будетъ равно единицѣ, раздѣленной на произведеніе чиселъ  $r$  и  $s$ . Для земли, напримеръ,  $r = 0,0000429$ ,  $s = 365,26$ , такъ что  $rs = 0,0157$  и  $a = 63,8$  земныхъ радиусовъ. Следовательно, для земли центръ свободнаго вращенія находится на далекомъ отъ нея разстояніи и лежитъ между ней и солнцемъ. Для Юпитера разстояніе  $a$  равно всего 1,06, такъ что для этой планеты центръ свободнаго вращенія находится недалеко отъ ея поверхности. Наконецъ, для луны  $a$  равно 200 луннымъ радиусамъ, что составляетъ около 60 земныхъ радиусовъ, такъ что въ этомъ случаѣ  $a$  почти равно среднему разстоянію отъ луны до земли. Поэтому для луны центръ свободнаго вращенія лежитъ очень близко къ центру земли, замѣчательное совпаденіе, которое, можетъ-быть, поможетъ намъ когда-нибудь выяснитъ причинную связь, существующую между луной и землей.

§ 19. **Свободная ось вращенія.** Второй изъ упомянутыхъ принциповъ механики касается такъ называемой свободной оси вращенія.

Выше (часть I, § 13) мы уже говорили о центробѣжной силѣ, влѣдствіе которой каждый элементъ, каждая частица тѣла, вращающагося около прямой линіи, какъ около оси, стремится удалиться отъ этой оси по направленію къ ней перпендикулярному. Но сила сцепленія не позволяетъ элементамъ тѣла удалиться по этому направленію, влѣдствіе чего получается давленіе на ось вращенія. Это давленіе направлено, какъ и центробѣжная сила, по линіи, проходящей черезъ разсматриваемый элементъ тѣла и перпендикулярное къ оси вращенія; и оно, очевидно, тѣмъ больше, чѣмъ дальше отстоитъ элементъ отъ этой оси. Если, дальѣ, элементы тѣла не во всѣхъ его частяхъ симметрично расположены относительно оси вращенія, то такое давленіе заставитъ качаться эту ось и вызоветъ возмущенія во вращательномъ движеніи, которое при полной симметріи въ

строенія тѣла было бы равномернымъ. Если же строеніе тѣла и положеніе оси вращенія таковы, что каждому элементу, лежащему съ одной стороны оси, соответствуетъ съ другой ея стороны элементъ, совершенно такой же по величинѣ и находящийся на такомъ же разстояніи отъ оси, то каждый изъ этихъ элементовъ будетъ оказывать давленіе на ось, но эти давленія будутъ равны по величинѣ и противоположны по направленію, такъ что они взаимно уничтожатся, и разсматриваемая нами пара элементовъ не окажетъ никакого вліянія на ось. Такъ какъ это справедливо для каждой пары такихъ соответственныхъ элементовъ, и такъ какъ, по предположенію, тѣло состоитъ только изъ такихъ соответственныхъ элементовъ, то ось вращенія этого тѣла не будетъ испытывать никакого давленія или, другими словами, она будетъ такъ называемою свободною осью. Напримеръ, для шара каждый его діаметръ является свободной осью, а для эллипсоида, получающагося отъ вращенія эллипса вокругъ малой или большой его оси, свободными осями будутъ соответственно малая или большая его оси, такъ какъ каждое сѣчене эллипсоида, перпендикулярное къ оси вращенія, есть кругъ, центръ котораго всегда находится на этой оси.

Дальнѣйшія геометрическія или, скорѣе, механическія изслѣдованія показываютъ, что всякое тѣло, каковы бы ни были его форма и строеніе, всегда имѣетъ три свободныхъ оси, которыя пересѣкаются другъ съ другомъ въ его центрѣ тяжести подъ прямыми углами. У шара каждый діаметръ представляетъ свободную ось; у эллипсоида вращенія свободною осью является не только ось, перпендикулярная къ экватору, но также и каждый діаметръ его экватора.

§ 20. Устойчивость осей вращенія планетъ. Примѣнимъ теперь только-что сказанное къ планетамъ, которыя во время своего образованія имѣли, по всей вѣроятности, шарообразную форму. Начальный глыбокъ, заставившій ихъ двигаться, сообщилъ имъ также вращеніе около одного изъ діаметровъ, т.-е. около одной изъ свободныхъ осей. Вслѣдствіе этого вращенія шаръ обратился въ эллипсоидъ вращенія, сжатый у полюсовъ, т.-е. въ такой, который получается при вращеніи эллипса около его малой оси. Поэтому ось вращенія не перестала быть свободной, и, слѣдовательно, планеты вращаются около свободныхъ осей и постоянно будутъ вращаться около нихъ. Кромѣ того, устойчивости оси вращенія въ значительной мѣрѣ способствуетъ сжатіе планетъ, такъ какъ, если бы какіи-нибудь вліянія силы вывели ось вращенія изъ ея первоначальнаго положенія, то, вслѣдствіе сжатія планеты, ось должна была бы снова принять прежнее направленіе, тогда какъ, наоборотъ, если бы большая ось образующаго эллипса сдѣлалась осью вращенія тѣла, то достаточно было бы самаго незначительнаго возмущенія, чтобы совершенно измѣнить направленіе оси.

Теперь понятно также, почему то дѣйствіе солнца и луны на сжатые у полюсовъ, вращающіеся земной шаръ, которое мы описали подъ именемъ прецессіи (часть I, § 50 и часть II, § 183) и которое должно было бы состоять въ приближеніи земнаго экватора къ эклиптикѣ, вызываетъ лишь отступленіе точки весенняго равноденствія. Бенсенбергеръ устроилъ машинку, которая позволяетъ непосредственно наблюдать явленіе прецессіи. въ ней земля изображена шаромъ, могущимъ вращаться около любого діаметра, а экваторъ можетъ быть выведенъ изъ своего первоначальнаго положенія грузомъ, насаженнымъ на одинъ конецъ оси. Наклонивъ послѣднюю нѣсколько къ горизонту, сообщаютъ шару быстрое вращательное движеніе, при этомъ оказывается, что наклонность экватора къ горизонту, представляющему собою въ этомъ случаѣ эклиптику, остается неизмѣнной, а замѣчается лишь движеніе узловъ экватора надъ плоскостью горизонта по направленію, обратному направленію вращенія шара (ср. часть I, § 17, Заключение). По совѣту Лангласа, эти машинки были введены во всѣхъ центральныхъ школахъ Франціи какъ учебное по-

себе, потому что такая машинка должна весьма понятным явлением прецессии, которое так трудно представить себе тем, кто мало знакомъ съ предметомъ.

И. небольшія измѣненія въ наклонности эклиптики къ экватору, которая измѣняется подъ именемъ нутаціи (часть I, § 56), происходятъ отъ того, что плоскость лунной орбиты не совпадаетъ съ плоскостью эклиптики, а составляетъ съ ней небольшой уголъ, но такъ какъ, вследствие движения узловъ орбиты, луна чередъ какъ бы 19 лѣтъ приходитъ въ прежнее положеніе относительно солнца, то эти измѣненія имѣютъ также девятнадцатилѣтній періодъ.

## Г Л А В А II.

### Масса, плотность и фигура небесныхъ тѣлъ.

§ 21 **Болѣе подробное разсмотрѣніе закона всемірнаго тяготѣнія.** Въ предыдущей главѣ мы разсмотрѣли наиболее простое выраженіе закона всемірнаго тяготѣнія и тогда же сдѣлали замѣчаніе, что почти вся наша новѣйшая астрономія есть лишь дальнѣйшее развитіе этого закона. Дѣйствительно, если каждое новое, даже, повидимому, не особенно важное, открытіе рѣдко остается однимъ, а обыкновенно влечетъ за собой цѣлую ризь другихъ открытій, часто болѣе важныхъ, то съ еще большимъ правомъ мы можемъ это ожидать послѣ открытія закона, который по самой своей сущности имѣетъ мѣсто не только во всей солнечной системѣ, но распространяется также и на всю извѣстную намъ часть неба. Какъ только сталъ извѣстенъ этотъ великій законъ, изъ него, какъ изъ богатого источника, вышло множество другихъ болѣе важныхъ, болѣе замѣчательныхъ открытій, о которыхъ древніе не могли даже и мечтать, такъ какъ, пока не былъ извѣстенъ этотъ великій законъ, для нихъ были совершенно закрыты все пути къ пониманію тѣхъ явленій, которыя суть простыя его слѣдствія. Но прежде, чѣмъ приступить къ описанію отдѣльныхъ наиболее важныхъ и наиболее интересныхъ изъ этихъ открытій, мы должны еще сдѣлать вѣжное дополненіе къ закону всемірнаго тяготѣнія, дополненіе, которое раньше мы не дѣлали, такъ какъ для большей ясности мы сначала ограничили самую простую формулировку этого закона.

По этому закону всѣ тѣла притягиваютъ другъ друга съ силою, обратно пропорциональною квадратамъ разстояній. Следовательно, если наиримѣръ, спутникъ Юпитера или Сатурна въ первую секунду притягиваетъ къ себѣ камень, находящійся отъ него на разстояніи 100 км., на одинъ метръ, то при разстояніи въ 200 км., онъ притянетъ его лишь на  $\frac{1}{4}$  метра, при разстояніи въ 300, 400, 500 км. на  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{25}$  метра и т. д. Тотъ же самый законъ будетъ существовать и для другого спутника съ тою лишь разницею, что этотъ спутникъ въ первую секунду притянетъ тотъ же камень, при разстояніи въ 100 км., не на одинъ метръ, а, напр. всего только на полметра. И въ томъ и въ другомъ случаѣ притяженіе камня происходитъ, какъ и слѣдуетъ по закону всемірнаго тяготѣнія, съ силою обратно пропорциональною квадрату разстоянія, но для второго спутника это притяженіе будетъ меньше, чѣмъ для перваго, двумя словами, если при разстояніи въ 100 км. камень притянется на  $\frac{1}{2}$  метра, при 200 км. на  $\frac{1}{4}$ , при 300 км. на  $\frac{1}{9}$ , при 400 км. на  $\frac{1}{16}$  и т. д.

Отсюда видно, что характеръ притяженія всегда одинъ и тотъ же, но величина этого притяженія для различныхъ тѣлъ можетъ быть весьма различна, совершенно подобно тому, какъ различныя тѣла, выраженные въ тѣлѣхъ, ведутъ ее одинаковымъ образомъ, но только съ различнымъ усилиемъ, одна имѣетъ сильнѣе, другая слабѣе, смотря по своей мускульной силѣ. Спросимъ же теперь, что же играть роль мускульной силы въ случаѣ небесныхъ тѣлъ?

Мы не знаемъ, что собственно представляетъ собою сила, съ которой какое-нибудь небесное тѣло притягиваетъ всѣ остальные и откуда она исходитъ, да и едва ли намъ удастся когда-нибудь проникнуть въ эту тайну; но, во всякомъ случаѣ, мы должны предположить, что эта сила присуща каждой малѣйшей частицѣ, каждому самому маленькому элементу, изъ которыхъ состоитъ притягивающее тѣло. Согласно съ этимъ предположеніемъ, притягивающая сила какого-нибудь тѣла есть лишь сумма всѣхъ тѣхъ силъ, которыми обладаютъ отдѣльные элементы, составляющіе тѣло; поэтому она, очевидно, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ значительнѣе число этихъ элементовъ, т.-е., другими словами, чѣмъ больше масса всего притягивающаго тѣла, причѣмъ подъ этимъ словомъ «масса» мы разумѣемъ сумму всѣхъ атомовъ, составляющихъ тѣло.

Примѣняя эти разсужденія къ нашей землѣ, замѣтимъ, что падающее на ея поверхности тѣло проходитъ въ первую секунду 4,9 метра, и такъ какъ это явленіе обуславливается притягательной силой земли, то только-что приведенная величина можетъ служить мѣрою этой силы. Если бы наша земля, имѣющая въ среднемъ плотность плавленнаго шпата, при томъ же объемѣ обладала въ пять разъ большую массу, т.-е. имѣла бы плотность нашего золота, то сила ея притяженія при томъ же разстояніи была бы въ 5 разъ больше, такъ что тѣло при своемъ паденіи на ея поверхности, проходило бы тогда въ первую секунду не 4,9 метровъ, а въ 5 разъ больше, т.-е. 24,5 метровъ.

То же самое имѣетъ мѣсто и въ случаѣ двухъ шаровъ, массы которыхъ различны между собою. Напримеръ, масса нашей луны приблизительно въ 80 разъ меньше массы земли. Въслѣдствіе этого она должна притягивать тѣла въ 80 разъ слабѣе, чѣмъ земля, если, конечно, предположить, что въ обоихъ случаяхъ притягиваемыя тѣла находятся на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ центра земли или луны.

Поэтому пока рѣчь идетъ объ одномъ тѣлѣ, мы еще имѣемъ право, какъ и раньше, говорить, что его притяженіе обратно пропорціонально квадрату разстоянія, отдѣляющаго его отъ притягиваемаго тѣла. Если же мы желаемъ сравнить между собою притяженія двухъ или нѣсколькихъ тѣлъ или дать общую формулировку закона, то должны сказать: притяженіе какого угодно тѣла прямо пропорціонально его массѣ и обратно пропорціонально квадрату его разстоянія отъ притягиваемаго тѣла, другими словами, притяженіе всякаго тѣла равняется, по числовой величинѣ, его массѣ раздѣленной на квадратъ его разстоянія отъ притягиваемаго тѣла.

Въ случаѣ вышесказаннаго, самой подходящей мѣрою притяженія мы можемъ считать пространство, проходящее въ первую секунду падающими тѣлами (для земли 4,9 м.), такъ какъ это пространство прямо пропорціонально притяженію. Поэтому законъ всемірнаго тяготѣнія можно формулировать еще такъ: выраженное въ метрахъ пространство, проходящее падающимъ тѣломъ въ первую секунду, равняется числу 4,9, умноженному на массу притягиваемаго тѣла и раздѣленному на квадратъ его разстоянія, выраженнаго въ земныхъ радиусахъ. Въ этомъ случаѣ за единицу массъ принимается масса земли, и въ этихъ единицахъ выражаются массы остальныхъ небесныхъ тѣлъ. Такимъ образомъ пространство  $l$ , проходящее въ первую секунду падающимъ тѣломъ, находящимся на разстояніи  $a$  отъ центра притягивающаго светила, обладающаго массой  $M$ , будетъ равняться въ метрахъ:

$$l = \frac{4,9 \cdot M}{a^2}$$

Поэтому для Сатурна, масса котораго въ 92 раза больше массы земли, притягательную силу, оказываемую имъ на различныя тѣла мы получимъ, если число 450,8 раздѣлимъ на квадратъ разстоянія  $a$ , гдѣ  $a$  выражено въ частяхъ земнаго радиуса. Слѣдовательно, притяженіе Сатурна на тѣло, находящееся на разстояніи 10, 20, 30... земныхъ радиусовъ отъ его центра, будетъ равно 4,5; 1,1; 0,5... метровъ.



§ 22. **Определение ускорения силы тяжести на небесных тѣлахъ.** Чтобы дать интересное приложение только-что приведенной формулы, мы попытаемся, основываясь на ней, рѣшить вопросъ, какое пространство проходит тѣло въ первую секунду при паденіи, напримеръ, на нашей лунѣ?

Масса луны составляетъ всего одну восьмидесятую часть массы земли, такъ что при вышеприведенномъ обозначеніи будетъ  $M = 1 \cdot 80 = 0,0125$ . Радиусъ луны равенъ около 1741 км., тогда какъ радиусъ земли составляетъ 6378 км., поэтому если за единицу длины принять земной радиусъ, то радиусъ луны будетъ равенъ 0,2733.

Такимъ образомъ, вопросъ объ опредѣленіи пространства, проходимого въ первую секунду тѣломъ, падающимъ на поверхности луны или, другими словами, вопросъ объ опредѣленіи ускоренія силы тяжести на лунѣ сведенъ къ вычисленію пространства, проходимого въ первую секунду падающимъ тѣломъ, находящимся на разстояніи  $a = 0,2733$  отъ центра притягивающаго тѣла, масса котораго равна  $M = 0,0125$ . Такъ какъ  $4,9 > \sqrt{0,0125} = 0,06125$  и  $0,2733^2 = 0,07469$ , то по вышеуказанной формулѣ получаемъ:

$$f = 0,82 \text{ метра.}$$

Такимъ образомъ, на поверхности луны тѣла при паденіи проходятъ въ первую секунду 0,82 м., что составляетъ около одной шестой того пути, который проходитъ въ первую секунду падающія тѣла на поверхности земли. Вѣдствие этого жители луны во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда имъ приходится преодолевать силу тяжести, должны имѣть большое преимущество сравнительно съ нами. Если бы, напримеръ, они пожелали при помощи упругой пружины, пара, своихъ мускуловъ или при помощи мускульной силы ихъ животныхъ привести въ движеніе повозку, рычагъ, колеса вращающагося вала и т. д., то они достигли бы своей цѣли съ усиліемъ въ 6 разъ меньшимъ, чѣмъ мы на землѣ. Точно также наши лошади могли бы, при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ, вести на лунѣ гораздо большую поклажу или бѣжать безъ усталы значительно скорѣе, чѣмъ на землѣ, а лунныя балерины, если только таковыя есть на лунѣ, и если онѣ обладаютъ такой же силой мускуловъ, какъ и наши, при томъ же усиліи могли бы прыгнуть въ 6 разъ выше, такъ какъ онѣ притягивались бы къ полу сѣны съ силой въ 6 разъ меньшей, чѣмъ у насъ на землѣ.

Совершенно подобнымъ же образомъ можно опредѣлить паденіе тѣлъ на поверхности всякой другой планеты нашей солнечной системы, если только извѣстно отношеніе ея массы и радиуса къ массѣ и радиусу земли. Такъ, выше мы видѣли, что масса Сатурна въ 92 раза больше массы земли. Радиусъ этой планеты равенъ приблизительно 9,7 земнымъ радиусамъ. Поэтому для Сатурна величина  $f$  будетъ равна числу 4,9, умноженному на 92 и раздѣленному на квадратъ 9,7, т.-е. на 94; слѣдовательно, для этой планеты  $f = 4,8$  м. или, иными словами, на поверхности Сатурна падающія тѣла проходятъ въ первую секунду 4,8 метровъ, т.-е. почти столько же, сколько и на землѣ. Подобнымъ же образомъ нетрудно найти, что на поверхности Юпитера тѣло при своемъ паденіи пролетаетъ въ первую секунду 10,9 метровъ, а на поверхности Марса 1,9 метра, такъ какъ массы этихъ планетъ соответственно равны 308 и 0,11, если массу земли принять за единицу, и тѣмъ, того, радиусъ Юпитера въ 11,25 разъ больше радиуса земли, а радиусъ Марса составляетъ 0,5 земного радиуса. Наконецъ, масса солнца въ 323000 разъ больше массы земли, а его радиусъ равенъ приблизительно 109 земнымъ радиусамъ; слѣдовательно, на поверхности солнца падающее тѣло проходитъ въ первую секунду 135,6 метровъ, т.-е. круглымъ числомъ въ 28 разъ больше, чѣмъ на землѣ.

Такъ какъ паденіе тѣла или, что то же самое, притягательная сила планетъ опредѣляется то что мы называемъ въ общемъ тѣлъ, то изъ предыдущаго непосредственно слѣдуетъ, что какое-нибудь тѣло, вѣсящее у насъ, напримеръ, 1 килограммъ, на лунѣ будетъ значительно легче, а именно его вѣсъ тамъ будетъ равняться всего  $\frac{1}{6}$  килограмма, тогда

какъ на поверхности солнца оно будетъ вѣсить 28 килограммовъ. Само собою разумѣется, что эту разность въ вѣсѣ невозможно обмуджить при помощи нашихъ рычажныхъ вѣсовъ, такъ какъ гири, которыя кладутъ обыкновенно на другую чашку вѣсовъ для опредѣленія вѣса данного тѣла, будутъ подвержены силѣ тяготѣнія той же самой планеты, что и взвѣшиваемое тѣло, такъ что наиримѣръ, на лунѣ онѣ будутъ, подобно вѣсамъ на землѣ, въ шесть разъ легче, чѣмъ на землѣ. Поэтому вмѣсто слова вѣсъ мы будемъ употреблять для большей ясности слово давленіе и скажемъ, что то тѣло, которое на землѣ давитъ на подставку съ силою въ 1 килограммъ, будетъ давить на подставку на лунѣ съ силою въ 1,6, на Юпитерѣ съ силою въ 2,5, на солнцѣ съ силою въ 28 килограммовъ.

§ 23. **Опредѣленіе массы солнца.** По закону всемирнаго тяготѣнія, притягивающая сила всякаго тѣла на точку, внѣ его дежанаго, пропорциональна массѣ этого тѣла, раздѣленной на квадратъ его разстоянія отъ притягивающей точки (§ 21). Поэтому обратно масса притягивающаго тѣла пропорциональна его силѣ притяженія, умноженной на квадратъ разстоянія.

Отсюда видно, что этотъ законъ позволяетъ намъ найти также массу небеснаго тѣла, если только намъ извѣстно притяженіе, оказываемое имъ на какое-нибудь другое внѣ его находящееся тѣло.

Желая воспользоваться этимъ для опредѣленія массы солнца, мы постараемся прежде всего получить величину паденія нашей земли на солнце въ теченіи одной секунды. Поступая совершенно такъ же, какъ и въ § 7, мы найдемъ, что окружность земной орбиты равняется 146440 земнымъ радиусамъ такъ какъ радиусъ этой орбиты въ 23306,8 разъ больше радиуса земли, а такъ какъ, съ другой стороны, вдвое время оборота земли около солнца составляетъ 365,25636 дней, или 31558149,5 секунды, то путь  $1M$  (рис. 258, стр. 700), проходимый землею въ одну секунду, будетъ равенъ 0,00464037 земнаго радиуса, или 29568 метрамъ, если, согласно съ вышеупомянутыми изслѣдованіями Никкарта, принять, что земной радиусъ содержитъ 6372000 метровъ. Дальше, по формулѣ, выведенной въ томъ же § 7, мы найдемъ, что пространство  $BM$  проходимое землею въ одну секунду при своемъ паденіи на солнце, будетъ равно квадрату 29568, раздѣленному на произведеніе изъ удвоеннаго числа 23306,8 на 6372000, что составляетъ 0,0029435 метра.

\* Чтобы, исходя изъ этого числа опредѣлить массу солнца, мы поступимъ слѣдующимъ образомъ. Называя буквой  $M$  массу солнца, буквой  $a$  разстояніе отъ солнца до земли и буквой  $f$  пространство, проходимое землею въ одну секунду при ея паденіи на солнце, мы имѣемъ

$$f = \frac{4,9M}{a^2}.$$

Если подобнымъ же образомъ буквами  $M$ ,  $a_0$  и  $f_0$  мы обозначимъ массу земли, разстояніе отъ земли до луны и пространство, проходимое луною въ одну секунду при ея паденіи на землю, то мы опять можемъ написать слѣдующее соотношеніе между этими величинами

$$f_0 = \frac{4,9M_0}{a_0^2}.$$

Последнія два выраженія намъ даютъ:

$$\frac{M}{M_0} = \frac{f}{f_0} \cdot \left(\frac{a}{a_0}\right)^2.$$

Но мы нашли, что  $f = 0,0029435$  метра, зная, рѣньше мы имѣли  $f_0 = 0,00136$  метра. Кроме того, мы знаемъ, что  $a = 23306,8$  и  $a_0 = 60,2778$ , примемъ за единицу разстояній принять радиусъ земли. Слѣдовательно:

$$\frac{a}{a_0} = 386,66.$$

Подставляя всё эти числа въ нашу формулу и принимая массу земли равной единицѣ, получаемъ, что масса солнца относится къ массѣ земли, круглымъ числомъ, какъ 323000 къ 1. \*

Впрочемъ, сдѣлавъ маленькое измѣненіе, можно значительно упростить работу при опредѣленіи массы небеснаго тѣла. Дѣйствительно, на рис. 258 величина притяженія изображена отрѣзкомъ *ВМ*, такъ что масса притягивающаго тѣла пропорціональна произведенію изъ *ВМ* на квадратъ *АС*; но линія *ВМ* равна квадрату *АМ*, раздѣленному на удвоенную длину *АС*, поэтому масса пропорціональна квадрату *АМ*, умноженному на половину разстоянія *АС*.

Мы нашли, что для луны *АМ* равно 1022 метрамъ, или 1,022 километра, а для земли *АМ* равно 29,568 километрамъ. Примемъ за единицу среднее разстояніе отъ луны до земли; въ такомъ случаѣ *АС* для луны будетъ равно 1, а для земли 386,66 (см. выше). Поэтому произведеніе  $\frac{1}{2} АМ \cdot АС$  для луны будетъ равняться 0,522, а для земли 169000; отношеніе этихъ двухъ чиселъ, какъ и раньше, равняется 1 : 323000 и выражаетъ собою отношеніе массы земли къ массѣ солнца.

Легко видѣть, что предыдущее опредѣленіе массы сводится собственно къ опредѣленію пространства, проходимыхъ въ одну секунду падающими тѣлами подъ вліяніемъ двухъ центральныхъ тѣлъ, причемъ отношеніе массъ центральныхъ тѣлъ получается черезъ сравненіе этихъ пространствъ при одинаковомъ разстояніи притягиваемыхъ тѣлъ отъ притягивающихъ центровъ. Такъ, солнце является центральнымъ тѣломъ для земли, послѣдняя же есть притягивающій центръ для луны; равнымъ образомъ, Юпитеръ есть центральное тѣло для своихъ пяти спутниковъ. Но центръ земли можно также разсматривать какъ притягивающій центръ для свободно падающихъ на ея поверхности тѣлъ, и такъ какъ намъ извѣстно изъ наблюденій пространство, проходимое падающими тѣлами въ первую секунду, то массу солнца можно опредѣлить непосредственно, не прибѣгая къ движенію луны. Дѣйствительно, пространство, проходимое въ первую секунду падающими на земной поверхности тѣлами, равно 4,905 метровъ, а разстояніе падающихъ тѣлъ отъ центра земли можно считать равнымъ радиусу земли. Но если бы падающее тѣло было въ 23307 разъ тѣльше, т.-е. если бы оно находилось отъ центра земли на такомъ разстояніи, на какомъ находится земля отъ солнца, то въ течение первой секунды тѣло, согласно съ закономъ всемирнаго тяготѣнія, должно было бы пройти пространство, которое равнялось бы числу 4,905, раздѣленному на квадратъ 23307, т.-е. тѣло должно было бы пройти въ первую секунду по направленію къ своему притягивающему центру, т.-е. по направленію къ центру земли, пространство, равное 0,00000000903 метра. Земля же, при паденіи на свое центральное тѣло, т.-е. на солнце, проходить въ одну секунду пространство, равное, какъ мы выше видѣли, 0,00294 метра. Эти пространства относятся между собою какъ притягивающія силы, т.-е. какъ массы притягивающихъ тѣлъ, а такъ какъ отношеніе этихъ пространствъ равно отношенію чиселъ 324000 къ 1, то въ такомъ же отношеніи должна находиться масса солнца къ массѣ земли. Здѣсь получилась небольшая разница съ тѣмъ, что мы нашли выше, но это произошло отъ того, что для простоты вычисленія мы употребляли лишь круглыя числа и, кромѣ того, орбиты какъ земли, такъ и луны считали круговыми.

§ 24. **Опредѣленіе массъ планетъ и двойныхъ звѣздъ.** Совершенно такимъ же образомъ можно опредѣлить массы всѣхъ тѣхъ планетъ, которыя имѣютъ спутниковъ. Такъ, напримеръ, четвертый спутникъ Юпитера совершаетъ свой полный оборотъ вокругъ планеты въ 14,6890 дней или въ 1441930 секундъ и находится отъ планеты на разстояніи, равномъ 0,012585 радиусовъ земной орбиты, что составляетъ 1870000 километровъ, такъ что въ одну секунду онъ проходитъ дугу *АМ*, равную 8,1485 километрамъ. Примемъ теперь за единицу длины разстояніе отъ спутника Юпитера до центра

этой планеты, тогда расстояние отъ земли до солнца въ этихъ единицахъ будетъ равно 79,46; поэтому для спутника Юпитера произведение  $\frac{1}{2} AM^2 \cdot AC = 33,2$ , а для земли 34735,1, такъ что масса солнца относится къ массѣ Юпитера, какъ 34735,1 къ 33,2, или какъ 1046 къ 1. Точно также можно найти, что масса Сатурна равняется  $\frac{1}{3500}$ , масса Урана  $\frac{1}{22000}$  массы солнца и т. д.

Если соборно раздумется, что, применяя этотъ способъ къ двойнымъ звѣздамъ, мы также можемъ найти ихъ массы во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда намъ известны расстоянiе двойной звѣзды отъ земли и размеры ея орбиты. Выше мы приведемъ нѣсколько такихъ примѣровъ, безъ объясненiя прилагаемаго въ этомъ параграфѣ способа, а именно мы нашли массы для слѣдующихъ системъ:  $\xi$  Рака,  $\alpha$  Центавра, 70 Звѣзденецъ,  $\gamma$  Кассиопеи (часть II, § 191, № № 18, 22, 23, 33—40) и др., тѣхъ же 61 Лебедя и Сиркуса (часть II, § 194).

§ 25. Сжатiе какъ результатъ вращенiя. Разсмотрѣвъ дѣйствiе всемирнаго тяготѣнiя на планетныя орбиты, скажемъ еще нѣсколько словъ о томъ, какое влiяне оказываетъ этотъ законъ на фигуры небесныхъ тѣлъ.

Весьма вѣроятно, что эти тѣла появились не сразу, но образовались мало-по-малу изъ первичной матерiи, изъ мирового хаоса, въ которомъ бѣше плотные центры притягивали окружающую ихъ, вначалѣ, вѣроятно, жидкую массу, представлявшуюся около этихъ центровъ болѣе или менѣе правильными слоями. Въ тѣхъ случаяхъ, когда матерiя размѣщалась болѣе правильно, и вконецъ шла въ определенномъ порядкѣ, образовывающееся и формирующееся мало-по-малу тѣло должно было принять правильную, обобщенно шарообразную форму, причемъ его плотность возрастала по мѣрѣ приближенiя къ центру, такъ какъ здѣсь и притягивающiя силы дѣйствовали пункти, и дѣйствiе окружающихъ слоевъ было больше, чѣмъ въ точкахъ, лежащихъ на значительномъ разстоянiи отъ центра. Дѣйствительно, мы можемъ предвидѣть такой характеръ постепеннаго образованiя на всѣхъ жидкихъ тѣлахъ на землѣ, а возникновенiе дождевой капли можетъ служить нагляднымъ примѣромъ того, какъ формировались эти небесныя капли.

Но, такъ какъ во время постепеннаго образованiя новыхъ мировыхъ тѣлъ на нихъ должны были дѣйствовать сосѣднiя тѣла, то они не могли получать строго сферической формы. Подъ дѣйствiемъ притягивающей силы окружающихъ тѣлъ планета приняла во вращательное движенiе еще тогда, когда она не успѣла вся отвердѣть, т. е. ея жидкiе и твердые элементы были перемѣшаны между собой; поэтому вѣдствие центробѣжной силы (часть I, § 13) въ экваториальныхъ частяхъ должно было произойти вадутiе, и вся планета постепенно приняла видъ шара, сжатаго у полюсовъ. Въ самомъ дѣлѣ, наблюденiя показываютъ, что всѣ небесныя тѣла, достаточно близки къ намъ, чтобы можно было замѣтить ихъ сжатiе, имѣютъ именно такую фигуру.

Можно строго доказать, что масса, обладающая во всѣхъ частяхъ одинаковою плотностью, при вращенiи должна принять форму сфероида, т. е. такого тѣла, которое происходитъ отъ вращенiя эллипса вокругъ меньшей оси. Неподобно, масса при вращенiи принимаетъ тоже форму сфероида, если только ея плотность измѣняется по определенному закону, и притомъ, если плотность возрастаетъ отъ поверхности тѣла къ центру, то сжатiе будетъ больше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. Производя вычисленiя относительно нашей земли, можно вывести, что ея сжатiе при совершенной однородности ея массы, должно было бы равняться  $\frac{1}{58}$ ; въ дѣйствительности же сжатiе земли, какъ показываютъ наблюденiя, равно  $\frac{1}{300}$ , т. е. почти вдвое больше вышеприведенной величины, это указываетъ на то, что плотность ея возрастаетъ по мѣрѣ приближенiя къ центру, другими словами, что плотность земли у ея поверхности меньше, чѣмъ около центра.

§ 26. Положеніе земной оси въ прежнія времена. Неоднократно высказывалось предположеніе, что въ очень отдаленную отъ насъ эпоху ось вращенія земли имѣла совсѣмъ другое положеніе, чѣмъ теперь, и въ дождливыхъ заходили даже такъ далеко, что, по мнѣнію некоторыхъ, экваторъ проходилъ некогда тамъ, гдѣ лежатъ теперь оба полюса. Столь необычайную гипотезу дѣлають для того, чтобы объяснить появленіе, съ одной стороны, ледниковаго періода, съ другой, тѣхъ остатковъ звѣрей и растений, которые такъ часто находятъ въ холодныхъ странахъ. Такъ, въ 1771 г. въ песчаномъ берегу рѣки Вильгуи, въ Сибири, была найдена на глубинѣ нѣсколькихъ футовъ вполне сохранившіеся носорогъ, кожа котораго не подверглась еще гниенію, а въ 1779 году въ устьѣ Лены среди ледяныхъ глыбъ нашли огромнаго слона, причѣмъ его мясо было еще настолько свѣжо, что якуты могли кормить имъ своихъ собакъ.

Подобныя явленія думали объяснить измѣненіемъ положенія земной оси вращенія; но такое допущеніе рѣшительно ничего не объясняетъ, если измѣненіе оси происходило постепенно, такъ какъ звѣри должны были замерзнуть тотчасъ же послѣ ихъ смерти, чтобы трупы ихъ до сихъ поръ не подверглись гниенію. Если же бы ось земли измѣнила свое положеніе внезапно, такъ сказать, толчкомъ, то, какъ подробно было объяснено въ другомъ мѣстѣ (часть II, § 150), это должно было бы сопровождаться самыми роковыми послѣдствіями для всей земли, а не только для отдѣльныхъ ея частей, и до насъ сохранились бы совершенно иные слѣды такого переворота, которыхъ, однако, мы вовсе не встрѣчаемъ на земной поверхности.

Поэтому мы должны искать другаго объясненія этихъ явленій и прежде всего рѣшить вопросъ: нельзя ли допустить, что раньше въ Сибири при томъ же самомъ климатѣ, который господствуетъ тамъ теперь, могли жить слоноподобныя животныя?

Найденный въ устьѣ Лены слонъ имѣлъ такой же видъ и такіе же размѣры, какими отличаются слоны южной Азіи. Его клыки были до 3 метровъ длиною, а голова вѣсила 2 центнера \*). Но кожа его была покрыта густой бурой шерстью, изъ-подъ которой торчали крѣпкіе темные волоса, а на шеѣ этого звѣря была львиная грива. Точно также кожа носорога была покрыта крѣпкой щетинной или волосами до 8 сантиметромъ длиною. Подъ такой шубой звѣри отлично могли жить въ холодномъ сибирскомъ климатѣ, тогда какъ индійскія животныя той же породы не могли бы вынести столь суроваго климата. Впрочемъ, звѣри южныхъ странъ нѣрѣдко во время лѣтняго зноя переходятъ къ сѣверу, такъ, напримѣръ, распространеніе индійскаго тигра мы можемъ прослѣдить до западнаго склона Алтайскихъ горъ, около Барнаула (53° сѣверной широты). То же самое могло случиться и со слономъ: онъ могъ зайти далеко на сѣверъ и застрянуть въ тонкой почвѣ или же случайный обвалъ земли могъ похоронить его тамъ, а наступившихъ злымъ морозовъ, безъ всякаго измѣненія въ положеніи земныхъ полюсовъ было достаточно, чтобы предохранить его трупъ отъ гниенія.

Подобнымъ же образомъ Галлей пытался объяснить холодъ въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ климатъ гораздо суровѣе, чѣмъ подъ соответствующими широтами въ Европѣ. По его мнѣнію, сѣверный полюсъ находился раньше близъ Гудзонова залива, но подъ дѣйствіемъ удара кометы перемѣстился туда, гдѣ онъ находится теперь, и страны, первоначально окруженныя сѣверными льдами и подвергавшіяся весьма сильному холоду, не успѣли еще до сихъ поръ нагрѣться! А между тѣмъ это явленіе объясняется гораздо проще. Дѣйствительно, еще при объясненіи времени года (часть I, § 35) мы замѣтили, что климатъ страны очень часто обуславливается не столько географическимъ ея положеніемъ, сколько различными мѣстными вліяніями. Такъ, напримѣръ, довольно высокой температурой сѣ-

\*) Одинъ центнеръ равняется 100 килограммамъ, что составляетъ немного болѣе 6 пудовъ.

верныхъ широтъ Европы мы почти исключительно обязаны Гольфштрему, такъ что, если бы онъ вдругъ измѣнилъ свое направленіе, средняя годовая температура сѣверной Европы значительно понизилась бы. И мы имѣемъ право думать, что это когда-нибудь можетъ случиться. Мы знаемъ теперь, что твердая земная кора не представляетъ собою совершенно неподвижнаго тѣла; напротивъ того, она находится въ непрерывномъ движеніи. Мы знаемъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, на довольно большомъ протяженіи, она постепенно опускается, въ другихъ же, наоборотъ, постепенно поднимается, и если это движеніе происходитъ такъ медленно, что за короткій промежутокъ времени въ нѣсколько лѣтъ или даже въ нѣсколько столѣтій оно не можетъ произвести значительныхъ перемѣнъ, то, при дѣйствіи этой причины въ одномъ и томъ же направленіи въ теченіе нѣсколькихъ тысячелѣтій, мало-по-малу могли измѣниться очертанія и рельефъ цѣлыхъ континентовъ, а это должно было повлечь за собой полную перемѣну ихъ климата. Наконецъ, измѣненія температуры земной поверхности могутъ обуславливаться измѣненіемъ эксцентриситета земной орбиты (см. ниже § 62), и легко видѣть, что этимъ также можно объяснить ледниковый періодъ, и нѣтъ надобности прибѣгать къ помощи величественныхъ, совершенно неожиданныхъ переворотовъ и катастрофъ, происшедшихъ въ отдаленныя времена на обитаемой нами планетѣ. Вообще говоря, продолжительное движеніе полюсовъ въ одномъ и томъ же направленіи не можетъ имѣть мѣста, и земная ось вращенія вслѣдствіе своей устойчивости (§ 20) вернулась бы мало-по-малу въ прежнее положеніе даже въ томъ случаѣ, если бы она была, послѣ столкновенія съ кометою, временно изъ него выведена. Наоборотъ, вполнѣ возможно, что отклоненія фигуры земли отъ правильной эллипсоида вращенія, обуславливаемыя неравномернымъ распределеніемъ континентовъ и горныхъ кряжей, а также опусканіе и подниманіе цѣлыхъ областей или какія-нибудь другія явленія, вызывающія измѣненіе въ распределеніи массъ на земной поверхности, могли повлечь за собой незначительное маятнкообразное колебаніе земной оси вращенія. Точное изслѣдованіе этого интереснаго движенія и изученіе законовъ, по которымъ оно происходитъ, сдѣлалось въ последнее время предметомъ самыхъ усердныхъ изслѣдованій.

\* Слѣдствіемъ этого перемѣщенія оси вращенія земнаго сфероида является такъ называемая измѣняемость географическихъ широтъ. Мы знаемъ, что географической широтой какого-нибудь мѣста на поверхности земнаго шара называется это угловое разстояніе отъ земнаго экватора, считаемое по меридіану (Введеніе, § 12). Но при разсматриваемомъ нами движеніи земной оси эта послѣдняя не перемѣщается вѣсѣ съ земнымъ шаромъ, а только мѣняетъ свое положеніе внутри земнаго сфероида. Поэтому въ то же самое время должно мѣняться также и положеніе земнаго экватора, а слѣдовательно должны мѣняться также и географическія широты. Наблюденія показываютъ, что такого рода перемѣщенія оси вращенія носятъ, помимо, периодическій характеръ, но продолжительность самого періода съ теченіемъ времени нѣсколько мѣняется, и кромѣ того, величина отклоненія земной оси отъ ея средняго положенія также не есть величина постоянная. (Собранный до сихъ поръ наблюдательными матеріалъ еще не далъ возможности точно опредѣлить законы этого колебательнаго движенія земной оси, и потому мы не можемъ впередъ предсказывать, каковы будутъ въ данномъ мѣстѣ географическая широта, напр., черезъ годъ. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что разность между наибольшимъ и наименьшимъ значеніями, которыя вообще можетъ принимать географическая широта даннаго мѣста на земной поверхности, есть величина небольшая, обыкновенно не превышающая одной секунды дуги. Въ заключеніе обратимъ еще разъ вниманіе читателя на то, что это перемѣщеніе земной оси происходитъ внутри земнаго сфероида, такъ что при каждомъ поворотѣ положенія ось пересѣкаетъ поверхность земли въ новыхъ точкахъ (см. часть I, § 57).

вследствие чего это перемещение оси вращения влечет за собою также изменение въ положеніи земныхъ полюсовъ. \*

§ 27. **Неизмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси.** Продолжительность солнечнаго оборота земли вокругъ оси или, что то же, продолжительность звѣздныхъ сутокъ (часть I, § 93), повидимому, такъ же неизмѣнна, какъ и положеніе самой оси вращенія. Эта неизмѣнность, вытекающая изъ теоретическихъ соображеній, подтверждается, между прочимъ, неизмѣнностью времени обращенія планетъ вокругъ солнца.

Еще древніе греки опредѣлили времена обращенія (часть I, § 87) планетъ вокругъ солнца съ такою точностью, что мы не внесли въ ихъ опредѣленія значительныхъ поправокъ, несмотря на многочисленныя новѣйшія наблюденія, произведенныя помощью самыхъ лучшихъ инструментовъ. Ниже мы увидимъ, что времена обращенія планетъ вокругъ солнца не измѣняются съ теченіемъ времени: поэтому мы должны допустить, что и продолжительность сутокъ не измѣнилась съ древнихъ временъ до нашихъ дней, такъ какъ упомянутыя времена обращенія выражаются въ звѣздныхъ суткахъ. Если бы наши сутки были теперь на одну секунду короче или длиннѣе, чѣмъ во времена грековъ, то, напр., время обращенія Юпитера, равное по наблюденіямъ древнихъ 4332,585 суткамъ, измѣнилось бы на 4332 сек. или на 1 ч. 12 мин., а между тѣмъ время обращенія Юпитера, выведенное изъ новѣйшихъ наблюденій, отличается отъ предыдущаго всего лишь на нѣсколько секундъ.

Думали, что пассатные вѣтры, постоянно дующіе между тропиками съ востока на западъ, передвиженія полярныхъ льдовъ къ экватору и другія перемѣненія значительныхъ массъ на поверхности морей или суши, землетрясенія, дѣйствія вулкановъ и т. п. могутъ измѣнить скорость вращенія земли. Но болѣе подробное разсмотрѣніе этого вопроса разъясило всякія сомнѣнія, и самыя рѣшительныя невѣроятныя причины, вследствие которыхъ перемѣненія значительныхъ частей земной массы были бы настолько велики, чтобы это могло повлечь за собою замѣтное измѣненіе въ продолжительности сутокъ.

Однако, существуютъ такія причины, которыя могли бы вызвать измѣненіе продолжительности нашихъ сутокъ, хотя, правда, въ столь незначительной степени, что даже, при современныхъ наблюдательныхъ средствахъ, мы были бы въ состояніи замѣтить лишь неощутимую перемѣну лишь по истеченіи многихъ столѣтій. Изъ этихъ причинъ Лапласъ считаетъ наиболее существенной и подробно разбираетъ въ своемъ сочиненіи о вращеніи луны ту, которая была указана еще Лапласомъ. Мы уже не разъ имѣли случай говорить о весьма разрыхленной, эластичной средѣ, заполняющей міровое пространство, или о такъ называемомъ эфирѣ. При вращеніи небесныхъ тѣлъ только развиваются тренія между ихъ поверхностью и эфиромъ, а это, въ свою очередь, должно повлечь за собою замедленіе вращенія. Такое же вліяніе оказываетъ и треніе при морскихъ или атмосферныхъ приливахъ и отливахъ, еще Кантъ въ 1754 году, а въ наше время Майеръ и Гельмгольдъ указали на то, что это треніе, уменьшая живую силу (часть II, § 4), должно со временемъ вызвать также уменьшеніе скорости суточного вращенія планеты. Делоне, которому мы, главнымъ образомъ, обязаны изслѣдованіями по этому вопросу, опредѣляетъ это замедленіе всего въ 1 сек. въ теченіе 10000 лѣтъ; однако, такое уменьшеніе скорости происходитъ непрерывно, мало-по-малу суммируется и въ теченіе тысячелѣтій достигаетъ уже столь значительной величины, что это должно сказаться въ древнихъ наблюденіяхъ солнечныхъ и лунныхъ затмѣній. Явленія затмѣній особенно пригодны для такого рода изслѣдваній, такъ какъ по совпаденію положеній солнца и луны достигается въ опредѣленныя положенія этой послѣдней такая точность, какой напрасно мы стали бы искать въ какихъ-нибудь другихъ наблюденіяхъ древнихъ астрономовъ. Если мы обратимся къ той эпохѣ, отъ которой дошли до насъ наблюденія солнечныхъ затмѣній, т.-е. къ эпохѣ, отстоящей за 2400 лѣтъ отъ нашей, то разность въ моментъ, въ который должно было

произойти тогда это явление, достигаетъ вследствие замедленія суточного вращенія  $1^{\text{с}} \frac{1}{4}$  часа. Вследствие этого, напримѣръ, полное затмение, наблюдавшееся въ 585 году до Р. Хр. Фалесомъ въ Малой Азии, безъ замедленія вращательнаго движенія земли, должно было бы быть полнымъ на островѣ Сардиннѣ.

Мы парочно нѣсколько остановились на этомъ, такъ какъ вследствие измѣненія эксцентриситета земной орбиты среднее суточное движеніе ишето спутника становится теперь, какъ мы увидимъ ниже (§ 36), все быстрѣе и быстрѣе Ганзенъ изъ разсмотрѣнія какъ вышеупомянутого, такъ и нѣкоторыхъ другихъ затмений, наблюдавшихся въ древности, нашелъ, что величина ускоренія луннаго движенія составляетъ  $12,18'' \text{ в } \text{т}^2$  въ  $\text{т}$  столѣтій; но на основаніи теоретическихъ изслѣдованій Адамса, Делоне и другихъ только половина этой величины объясняется измѣненіемъ эксцентриситета земной орбиты. Остальная же часть, по мнѣнію Делоне, зависитъ отъ уменьшенія скорости суточного вращенія земли вследствие приливовъ и отливовъ. Однако, по его мнѣнію, изъ этого нельзя заключить, что, въ концѣ концовъ, земля совсѣмъ перестанетъ вращаться вокругъ своей оси: дѣйствительно, замедленіе происходитъ отъ того, что земля вращается въ настоящее время быстрѣе луны, вследствие чего приливныя волны теперь всегда отстаютъ отъ луны. Пусть на рис. 262 (см. ниже § 37) точки *A* и *B* представляютъ тѣ пункты, гдѣ наблюдаются вызванныя притяженіемъ луны приливныя волны, и пусть земля вращается вокругъ своей оси по направленію, указанному стрѣлкой, тогда луна будетъ стремиться привести оба водныя возвышенія въ ихъ нормальное положеніе, при которомъ они лежали бы на линіи *ST*, соединяющей центры земли и луны. Поэтому луна притягиваетъ къ себѣ возвышеніе *A*, которое вследствие вращенія земли стремится удалиться отъ луны и отдалится отъ возвышенія *B*, которое вследствие вращенія земли стремится къ ней приближаться. Въ обоихъ случаяхъ будетъ существовать сила, противодействующая вращенію, и эта сила должна уменьшать скорость послѣдняго. Какъ только вращеніе земли замедлится настолько, что приливныя волны какъ-разъ будутъ совпадать съ направленіемъ на луна, тогда земля всегда будетъ обращена одной и той же стороной своей къ лунѣ, и только-то описанная причина замедленія вращенія земли исчезнетъ. Кроме того, замѣчаетъ Делоне, охлажденіе земли черезъ большое число тысячелѣтій, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, настолько подвигнется впередъ, что моря обратятся въ ледяную массу, и въ такомъ случаѣ и вообще не можетъ быть рѣчи о приливахъ и отливахъ \*).

На основаніи своихъ обширныхъ изслѣданій относительно движенія луны и изъ наблюденій перваго спутника Юпитера Ньюкомъ въ 1879 году нашелъ, что вращательное движеніе земли можетъ быть подвержено неравенству долгаго періода, имѣющему неправильный характеръ, однако, эту гипотезу надо принимать съ большою осторожностью.

§ 28. **Внутренняя теплота земли.** Сжатіе земли и нѣкоторыхъ другихъ планетъ свидѣтельствуетъ о томъ, что эти тела во время своего образованія находились въ жидкомъ состояніи, такъ какъ иначе, несмотря на вращеніе, они должны были бы сохранить сферическую форму. Какова же была причина такого первоначальнаго состоянія планетъ и въ особенности нашей земли?

При рѣшеніи этого вопроса наши геологи раздѣляются на два лагеря: непутистовъ и плутонистовъ. Непутисты допускаютъ, что во время образованія земли ея твердыя и жидкія части были перемѣшаны между собой, и что кора ея и вообще всѣ ея твердые элементы находились въ состояніи раствора или осадка. Наоборотъ, по мнѣнію плутони-

\*) Французскій математикъ Пуанкаре, основываясь на работахъ англійскаго астронома Хоу (Hough) показалъ, что приливами и отливами объяснить замедленіе вращательнаго движенія земли можно только при нѣкоторыхъ дополнительныхъ предположеніяхъ о строеніи земнаго шара.



ство, жидкое перичное состояние земли является результатом той высокой температуры, которую имела вначале вся земля — поверхность ее вследствие охлаждения отвердела и пришла, наконец, в то состояние, которое мы наблюдаем в настоящее время, а высокая температура отступала так сказать, къ центру земли, так и парить еще и теперь.

Въ пользу послѣдняго мнѣнiя а именно, что температура земли еще очень значительна въ ее центрѣ, или, другими словами въ пользу гипотезы о внутреннемъ жарѣ земли, говоритъ, повидимому, то обстоятельство, что съ увеличениемъ глубины земли температура действительно возрастаетъ. Этого никогда неспариваемой фактъ уже давно послужилъ въ весьма сомнѣнiя благодаря специальнымъ наблюдениямъ, произведеннымъ въ глубокихъ горныхъ шахтахъ, при прорытiи туннелей и т. д. Къ числу самыхъ лучшихъ наблюдений этого рода относятся наблюдения, произведенныя изъ очень большихъ глубинъ въ буровыхъ колодцахъ недалеко отъ Берлина, при этомъ получившесъ слѣдующие результаты:

Глубина	Темпер по Цезиусу.	Глубина.	Темпер по Цезиусу.
220 метр.	21,6°	534 метр.	30,9°
283 "	23,5	597 "	33,1
346 "	26,4	660 "	35,9
409 "	26,9	1064 "	46,5
471 "	29,1		

Изъ этихъ наблюдений слѣдуетъ, что увеличение температуры идетъ равномерно съ увеличениемъ глубины земли, причемъ на каждые 100 метровъ температура увеличивается на 2,97°, или почти ровно на 3°. Первые же результаты получились при наблюденияхъ этого рода, произведенныхъ въ другихъ мѣстахъ, но только при этомъ оказалось, что увеличение температуры съ увеличениемъ глубины въ различныхъ мѣстахъ различно и, повидимому, въ значительной степени зависитъ отъ мѣстныхъ условий.

Если допустить, что найденное выше увеличение температуры, а именно 3° на каждые 100 метровъ, имѣетъ мѣсто и для болѣе глубокихъ слоевъ земли, тогда уже на глубинѣ 3 километра (около 0,4 географическихъ миль) годъ можетъ находиться только въ парообразномъ состоянiи, а на глубинѣ 40 километровъ должна парить такая температура (около 1200° по Цельсию), при которой всѣ горныя породы должны быть въ огненно жидкомъ состоянiи, такъ что толщина твердой земной коры не превосходитъ 40 километровъ (почти 6 географическихъ миль). Однако, такое заключенiе слишкомъ поспѣшно, такъ какъ наибольшая глубина, достигнутая въ буровыхъ колодцахъ около Берлина, равна всего лишь 1269 метрамъ, что составляетъ только 0,0002 земного радиуса! Но если бы даже на болѣе значительныхъ глубинахъ возрастанiе температуры шло медленнѣе, чѣмъ на небольшихъ глубинахъ, что является вполнѣ вѣроятнымъ съ теоретической точки зрѣнiя, и если бы мѣстные условия обуславливали въ опытахъ близъ Берлина болѣе быстрое увеличенiе температуры, чѣмъ среднее ее возрастанiе, то все таки эти наблюдения показываютъ, что внутри земли парить еще очень высокая температура и что внутреннее ядро нашей планеты находится еще въ огненно жидкомъ состоянiи. Нельзя изъ этого положенiя, Перрей, Фалько и друге допуская существованiе внутреннихъ приливовъ и отливовъ, которые могли бы входить въ связи съ вулканическими изверженiями и землетрясенiями.

§ 29. **Постоянство средней температуры земли въ историческiя времена.** Допустимъ же вмѣстѣ съ плутоонитами, что увеличенiе температуры съ приближенiемъ къ центру земли произошло отъ того, что во время своего образованiя вся земля была жидкою и имѣла очень высокую температуру, которая еще и теперь сохраняется внутри земли, тогда какъ поверхность этой послѣдней постепенно охлаждалась, переходя изъ жидкого состоянiя въ твердое. Но въ такомъ случаѣ охлажденiе должно было оказати влияние не только на поверхность и прилегающiе къ ней слоевъ земли, но и на всю земной шаръ.

Дѣйствительно, при нагреваніи, какъ извѣстно, тѣла вообще расширяются, а при охлажденіи сжимаются. То же самое должно было произойти и съ землей. Во время своего образованія, когда она обладала въ высшей степени высокой температурой, размѣры ея должны были быть гораздо значительнѣе, чѣмъ теперь; но вслѣдствіе постоянного, продолжавшагося много тысячелѣтій охлажденія ея поверхности она достигла генеральныхъ, сравнительно очень небольшихъ размѣровъ.

Эта шарообразная земля, уменьшающаяся со временемъ въ объемѣ, вращается вокругъ своей оси. Какова бы ни была сила, вызвавшая это вращеніе, скорость этого послѣдняго, по закону инерціи, должна оставаться неизмѣнной до тѣхъ поръ, пока не мѣняется объемъ земли. Но этотъ объемъ постоянно уменьшался вслѣдствіе постепеннаго охлажденія земли; слѣдствіемъ такого уменьшенія было болѣе быстрое вращеніе земли, т.-е. это уменьшеніе должно было вызвать увеличеніе скорости вращенія, подобно тому, какъ при дѣйствіи одной и той же силы колесо вращается тѣмъ быстрее, чѣмъ меньше его размѣры, и наоборотъ. Если все предыдущее справедливо, то теперь земля должна вращаться болѣе, чѣмъ вращалась въ отдаленныя времена, слѣдовательно, теперь сутки должны быть короче, чѣмъ были прежде, и, если бы мы могли узнать, насколько укоротились наши сутки, то благодаря этому мы получили бы возможность измѣрить, насколько меньше стала наша земля, и даже могли бы сказать, насколько она охладилась въ теченіе опредѣленнаго числа тысячелѣтій.

Въ самую дѣль, положимъ, что средняя температура всей земли, а не одной только ея поверхности, уменьшилась на  $1^{\circ}$  по шкалѣ Цельсія въ двѣ тысячи лѣтъ. Допустимъ, дадѣе, что масса, изъ которой состоитъ земля, съ пониженіемъ температуры вообще сжимается такъ же мало, какъ стекло, г.-е. на одну стотысячную часть своего объема съ каждымъ градусомъ. Механика учитъ насъ, что при такомъ уменьшеніи въ объемѣ земнаго шара его скорость вращенія вокругъ оси увеличится на  $\frac{1}{50000}$  своей величины, такъ что сутки, равныя 86400 секундамъ, укоротятся на  $\frac{86400}{50000}$ , т.-е. на 1.7 сек.

Но мы можемъ допустить измѣненіе сутокъ не болѣе, какъ на одну сотую секунды, т.-е. на величину, которая въ 170 разъ меньше, чѣмъ  $1.7^{\circ}$ . Такимъ образомъ, принятое выше охлажденіе земли на  $1^{\circ}$  въ 2000 лѣтъ, въ 170 разъ больше того, которое можно допустить на основаніи только-что изложенныхъ соображеній или, другими словами, средняя температура земли за послѣднія двѣ тысячи лѣтъ уменьшилась не болѣе какъ на 170-ую часть одного градуса по шкалѣ Цельсія. Поэтому совершенно лишены основанія тѣ жалобы, которыя такъ часто выказываются стариками, этии *laudatores temporis acti*, относительно охлажденія земли, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда эти жалобы касаются охлажденія всей массы земли и удаленія внутренняго жара отъ поверхности земли къ ея центру.

Изъ этого слѣдуетъ, что охлажденіе земли за послѣднія 2 или 3 тысячи лѣтъ не достигло хотя бы сколько-нибудь значительной величины, и уже въ доисторическія времена наша земля настолько сильно охладилась, что въ настоящее время потеря землей теплоты черезъ излученіе въ мировое пространство вполнѣ вознаграждается тѣмъ запасомъ, который она получаетъ отъ солнца. Въ прежнія времена было очень распространено мнѣніе, что количество теплоты, получаемое земною поверхностью отъ внутренняго жара земли, превосходитъ лѣтомъ въ 30, а зимою въ 400 разъ то количество теплоты, которое непосредственно доставляется намъ солнечными лучами, и это послужило сюжетомъ для прекрасной исторіи объ Атлантидѣ и знаменитомъ первобытномъ народѣ, который жила въ неспмятныя времена на плоскогорьяхъ центральной Азіи и довелъ всѣ науки, а въ особенности астрономію, до недостижимой высоты. Но Фурье строгими вычисленіями доказалъ что внутренній жаръ земли въ настоящее время прибавляетъ къ господствующей на

поверхности земли температуръ самое большое  $\frac{1}{25}$  градуса по шкалѣ Цельзія. Внутренній жаръ земли, можетъ-быть, и очень значительный на достаточной глубинѣ, отомель, однако, уже такъ далеко къ центру земли, что увеличиваетъ среднюю температуру ея поверхности на такую величину, которую едва можно замѣтить при помощи нашихъ точныхъ инструментовъ.

Такимъ образомъ, солнце является главнымъ и даже, можно сказать, единственнымъ источникомъ той температуры, которая поддерживается на поверхности земли. Однако, дѣйствие солнца непосредственно подъ поверхностью земли и въ особенности надъ нею подвержено суточнымъ и годовымъ измѣненіямъ, которыми обуславливаются у насъ, на земной поверхности, времена года и части сутокъ. Эти колебанія температуры съ теченіемъ времени уменьшаются по мѣрѣ углубленія въ землю, и въ нашихъ широтахъ на глубинѣ 16 или 17 метровъ они становятся уже совсѣмъ незамѣтными, такъ что тамъ круглый годъ царить средняя годовая температура.

§ 30. **Возрастъ земли и планетъ.** Хотя центральній огонь, какъ мы только-что видѣли, и не оказываетъ теперь сколько-нибудь замѣтнаго вліянія на температуру земной поверхности, однако, полное его исчезновеніе, которое должно произойти со временемъ, можетъ произвести значительныя измѣненія въ нашемъ обиталищѣ. Земанъ (Saemann) доказываетъ, что вода, которая теперь не можетъ проникнуть на значительную глубину, такъ какъ встрѣчаетъ тамъ весьма высокую температуру и потому обращается въ паръ, почти цѣликомъ возвращающійся въ атмосферу, вслѣдствіе отступанія внутренней теплоты, будетъ просачиваться все глубже и глубже, и, наконецъ, совершенно поглотится земными породами. Сухая поверхность земли начнетъ тогда мало-по-малу всасывать въ себя воздухъ, пока не придетъ въ такое состояніе, котораго уже достигла теперь поверхность луны, гдѣ процессъ охлажденія совершается быстро вслѣдствіе меньшихъ размѣровъ этого тѣла. Эти идеи замѣчательно согласуются съ тѣмъ, что говоритъ Ганстинъ о возрастѣ различныхъ планетъ. Дѣйствительно, на лунѣ, какъ уже сказано, не замѣтно никакого слѣда воды или атмосферы. На Юпитерѣ мы видимъ двѣ параллельныя экватору полосы облаковъ, слѣдовательно, тамъ есть и вода, и воздухъ. На Сатурнѣ также находимъ слѣды жидкости и паровъ. На Марсѣ видны темныя области неправильной формы, окруженныя болѣе свѣтлыми частями, которыя заполняютъ всю остальную поверхность планеты, и которыя мы имѣемъ право считать материками, омываемыми темными морями. Вѣроятно, совершенно такую же представляетъ поверхность земли при наблюденіи съ поверхности Марса. Такимъ образомъ, можно считать, что луна уже отжившее небесное тѣло, Земля и Марсъ находятся въ цвѣтущемъ возрастѣ, Юпитеръ же и Сатурнъ—въ состояніи неразвившагося дѣтства, и это достаточно хорошо согласуется съ тѣмъ, что мы говорили раньше объ относительныхъ объемахъ этихъ тѣлъ. Но если земля при своемъ образованіи находилась въ раскаленномъ состояніи, что весьма вѣроятно, то какой длинный рядъ тысячелѣтій понадобился для того, чтобы температура ея понизилась до теперешней! Кроль, на основаніи данныхъ палеонтологіи въ связи съ вѣроятными причинами солнечной теплоты (часть II, § 29), исчисляетъ возрастъ земли въ 60—70 милліоновъ лѣтъ, съ тѣхъ поръ, какъ она существуетъ въ видѣ совершенно отдѣльной планеты. В. Томсонъ, исходя изъ того, что извѣстно о внутренней температурѣ земли и принимая во вниманіе гипотезу о замедленіи ея вращенія вслѣдствіе приливовъ и отливовъ, выводитъ, что возрастъ земли равенъ приблизительно 100 милліонамъ лѣтъ.

§ 31. **Температура мірового пространства.** Изъ тѣхъ лучей солнечной теплоты, которые попадаютъ на землю, одни проходятъ черезъ атмосферу и воды океановъ, другіе ими поглощаются, и, наконецъ, третьи отражаются и отбрасываются ими въ неизмѣримое міровое пространство, представляющее сборное мѣсто всей теплоты, которая отъ начала міра излучалась всеми небесными тѣлами—солнцемъ, планетами, кометами и неподвиж-

ыми звѣздами. Несмотря на это, температура мирового пространства должна быть довольно низкой. Пулье и сэръ Джонъ Гершель, основываясь на своихъ изслѣдованіяхъ, оценивають ее, почти въ полномъ согласіи другъ съ другомъ, въ  $-146^{\circ}$  по Цельзію, между тѣмъ какъ Фурье и Сежей (Saigeу) опредѣляютъ ее въ  $-60^{\circ}$ , а Пуассонъ въ  $-40^{\circ}$ ; эти разногласія показываютъ только, что мы еще совершенно не знаемъ этой величины. Однако, если мы вспомнимъ, что, согласно съ предыдущимъ, внутренняя теплота земли не оказываетъ почти никакого вліянія на температуру ея поверхности, то едва ли мы сдѣлаемъ большую ошибку, сказавши, что самыя низкія изъ наблюденныхъ до сихъ поръ земныхъ температуръ на полюсахъ холода земли не должны сильно превышать температуру мирового пространства, и, слѣдовательно, эта послѣдняя должна быть близка къ числу, данному Фурье и Сежеемъ.

§ 32. **Плотность небесныхъ тѣлъ.** Мы уже выше указали способъ, которымъ пользуются астрономы для опредѣленія истинныхъ размѣровъ свѣтила по его разстоянію до насъ и по видимой его величинѣ (часть I, § 43) и, между прочимъ, нашли, что радиусъ солнца въ 109 разъ больше радиуса земли. Но такъ какъ объемы двухъ шаровъ относятся какъ кубы ихъ радиусовъ, то объемъ солнца въ 1290000 разъ больше объема земли.

Если же намъ извѣстны объемъ и масса небеснаго тѣла, то уже не представляетъ никакого затрудненія найти отношеніе его плотности къ средней плотности земли. Дѣйствительно, плотность какого-нибудь тѣла равна отношенію его массы къ объему, такъ какъ очевидно, что плотность тѣла тѣмъ больше, чѣмъ меньше его объемъ при одной и той же массѣ или, чѣмъ больше его масса при одной и томъ же объемѣ. Поэтому, чтобы найти плотность тѣла, нужно только его массу разделить на объемъ (часть I, § 14).

Такъ, напримѣръ, принимая за единицу массы и за единицу объема массу и объемъ земли, мы выразимъ массу солнца числомъ 323000, а его объемъ числомъ 1290000. Отсюда выходимъ, что плотность солнца равна приблизительно  $0,25$  или  $\frac{1}{4}$  плотности земли.

Объемъ Сатурна въ 912 разъ больше объема земли, такъ какъ его радиусъ равенъ 9,7 земнымъ радиусамъ; масса же этой планеты всего въ 92 раза больше массы земли. Поэтому его плотность равняется приблизительно  $\frac{1}{10}$  плотности земли.

§ 33. **Плотность земли.** Среднюю плотность земли по отношенію къ плотности какого-нибудь земнаго тѣла, напримѣръ воды, нельзя опредѣлить на основаніи одного закона всемірнаго тяготѣнія. Здѣсь встрѣчается такое же затрудненіе, какъ и при опредѣленіи разстояній планетъ отъ солнца. Законы Кеплера даютъ соотношеніе между этими разстояніями; но, чтобы опредѣлить самыя разстоянія и выразить ихъ въ той мѣрѣ, которую мы употребляемъ въ обыденной жизни, нужно знать разстояніе одной изъ планетъ, выраженное въ этой мѣрѣ; напримѣръ, достаточно знать въ километрахъ разстояніе отъ земли до солнца. Точно также и здѣсь.

Но возмущеніямъ, которыя оказываютъ другъ на друга планеты, можно найти отношенія ихъ массъ другъ къ другу или къ массѣ солнца, но, чтобы найти самыя массы планетъ или, другими словами, чтобы найти для планетъ объемы, который онѣ занимаютъ бы, если бы состояли изъ вещества данной плотности, напримѣръ изъ воды, необходимо знать этотъ объемъ для какой-нибудь одной планеты.

Необходимыя для этого изслѣдованія можно произвести, конечно, только на поверхности земли, и для опредѣленія массы послѣдней, достаточно найти отношеніе притяженія какого-нибудь находящагося на поверхности земли тѣла, масса котораго намъ вполнѣ извѣстна, къ притяженію всего земнаго шара. Но все тѣла, которыми мы можемъ воспользоваться для этой цѣли, обладаютъ почти совершенно исчезающей массой по сравненію съ массой земли, и ихъ притягательная сила сравнительно съ притяженіемъ земли такъ незначительна, что ее можно обнаружить лишь при помощи самыхъ точныхъ способовъ наблюденій; поэтому понятно, что достиженіе необходимой въ этомъ вопросѣ точности, представляетъ огромныя затрудненія.

Самый простой способ определения массы земли, или, что в сущности то же самое, средней ее плотности состоит в определении отклонения отвѣса подъ дѣйствіемъ притяженія отдѣльно стоящей горы, имѣющей правильную форму и, по предположенію, обладающей во всѣхъ своихъ частяхъ одинаковою плотностью, такъ что съ достаточной степенью точности можно вычислить какъ ее объемъ, такъ и массу. Первая попытка такого опредѣленія была сдѣлана еще Бугеромъ въ 1737—1740 гг. во время знаменитаго градуснаго измѣренія въ Перу (часть I, § 7), предпринятаго по инициативѣ французской академіи наукъ; съ опасностью для жизни производилъ Бугеръ свои наблюденія на крутыхъ склонахъ горы Чимборизо, однако, онъ не достигъ удовлетворительныхъ результатовъ, такъ какъ его наблюдательныхъ средствъ было не достаточно при требующейся здѣсь точности. Впервые цѣль была достигнута Маскелиномъ, Хуттономъ и Шлайферомъ (Schlaifer), которые производили свои наблюденія между 1774 и 1776 гг. около горы Шехальень. По этимъ наблюденіямъ плотность земли получилась равной 4,71, причемъ, какъ и во всѣхъ такого рода изслѣдованіяхъ, плотность воды при  $+4^{\circ}$  по Цельсію была принята за единицу. Подобныя же наблюденія были произведены въ 1855 г. Джемсомъ и Кларкомъ недалеко отъ Эдинбурга причемъ въ результатѣ плотность земли получилась равной 5,32; наконецъ, въ последнее время, именно въ 1891 и 1892 гг., наблюденія Престона около вулканическихъ громадъ Гаваекала и Мауна Кеа на Сандвичевыхъ островахъ дали для плотности земли въ среднемъ 5,35.

На подобномъ же принципѣ основаны способы опредѣленія плотности земли изъ сравненія силы тяжести на поверхности земли съ силою тяжести въ глубокихъ горныхъ шахтахъ или на вершинахъ высокихъ горъ. Наблюденія такого рода были произведены въ 1854 году Эри въ каменноугольной шахтѣ Хартоу на глубинѣ 400 метровъ и въ 1883 году Штернекомъ въ серебряныхъ коихъ у Пржибрама на глубинѣ 517 и 973 метровъ, наблюденія на высотахъ произведены въ 1821 году Карлини на горѣ Сени (Sens) и въ 1880 году Менденхелемъ на Фуйямѣ. Эти изслѣдователи получили для плотности земли соотвѣственно слѣдующія числа: 6,56, 5,77, 4,84 и 5,77.

Противъ только-что упомянутыхъ способовъ опредѣленія плотности земли можно сдѣлать то возраженіе, что, если даже, судя по геологическому характеру формации горы, на которой производится наблюденія, плотность ее должна быть вездѣ одна и та же, то все же изъ этого никоимъ образомъ нельзя заключить, что внутри горы нѣтъ пустотъ или скопленій породъ, обладающихъ болѣею или меньшею плотностью въ сравненіи съ основными породами, входящими въ составъ горы, а это можетъ оказать значительное влияние на величину массы горы. За существованіе подобныхъ возмущающихъ массъ говорить болѣе различія между полученными для плотности земли величинами. Поэтому изобрѣтеніе Митчелемъ крутильныхъ вѣсовъ и усовершенствованіе ихъ Кавендишемъ представляетъ значительный успѣхъ въ наукѣ, такъ какъ эти вѣсы позволяютъ перенести опредѣленіе массы земли въ рабочи кабинетъ. Но прежде, чѣмъ сообщить полученные изъ этихъ наблюдений результаты, мы упомянемъ еще объ одномъ оригинальномъ видоизмѣненіи вышеприведенныхъ способовъ, примененномъ на практикѣ Альфонсомъ Бергетомъ. Онъ въ 1893 году измѣрилъ при помощи водяннаго гравиметра Маскара уменьшеніе силы тяжести, которое было вызвано пониженьемъ уровня воды на 1 метръ въ Люксембургскомъ пруду Nabis la Neuve, занимающемъ площадь въ 79 акровъ \*); изъ этихъ наблюдений онъ нашелъ плотность земли равной 5,41.

При помощи крутильныхъ вѣсовъ различные наблюдатели получали для средней плотности земли слѣдующія числа:

\*) Акръ равняется 0,37 десятины.

Наблюдатель.	Годъ.	Плотность земли.
Бавендишъ . . . . .	1798	5,48
Рейхъ . . . . .	1838	5,52
Байли . . . . .	1843	5,55
Корню и Вэль . . . . .	1872	5,56
Бойсъ . . . . .	1892—1894	5,527

Были также попытки определить массу земли непосредственнымъ взвѣшиваньемъ. Такого рода изслѣдованія предпринималъ, между прочимъ, въ 1879 году Джолли. Для этого онъ устроилъ вѣсы, у которыхъ одно плечо было въ нѣсколько разъ длиннѣе другого, и замѣчалъ увеличение вѣса длиннаго плеча, когда подъ него подвѣшивалась тяжелая металлическая масса. Въ результатъ онъ получилъ для плотности земли 5,69. Пойнтингъ произвелъ такіе же наблюденія въ 1891 году съ усовершенствованными и болѣе чувствительными аппаратами и для средней плотности земли нашелъ число 5,493. Въ 1885 году Вилькинсъ измѣнилъ нѣсколько этотъ методъ, а именно онъ вѣсы замѣнилъ маявникомъ и лѣтвѣ измѣрять измѣненіе продолжительности качанія, вызываемое приближеніемъ къ маявнику значительной металлической массы. Въ результатъ его наблюденія плотности земли получилась равной 5,58.

Наиболѣе точными изъ произведенныхъ по сямъ порѣ опредѣленія являются, безъ сомнѣнія, опредѣленія Бойса и Пойнтинга, которые для плотности земли нашли 5,527 и 5,493. Точность этихъ чиселъ такова, что, если взять среднее изъ нихъ, отдавая, впрочемъ, предпочтеніе наблюденіямъ Бойса, то получится число 5,52, которое можетъ отличаться отъ истинной плотности земли не болѣе, какъ на единицу послѣдняго знака. Такъ какъ плотность наиболѣе распространенныхъ на поверхности земли породъ равна приблизительно 2,7, то отсюда видно, что по мѣрѣ приближенія къ центру земли плотность ея должна увеличиваться, этотъ результатъ вполне согласуется съ теми выводами, которые являются слѣдствіемъ сжатія земли (§ 25).

Если мы, соизмѣряя съ опредѣленными Бесселя, примемъ, что экваториальный радиусъ земли равенъ 6377,40 километрамъ, а полярный 6356,98, то объемъ земного шара получится равнымъ 1,08285 биліонамъ кубическихъ километровъ. Такъ какъ 1 кубическій километръ воды вѣситъ 1000 килограммовъ и средняя плотность земли въ 5,52 раза больше плотности воды, то общій вѣсъ земного шара достигаетъ 5977 биліоновъ килогр!

### ГЛАВА III.

#### Морскіе и атмосферные приливы и отливы.

§ 34. Явленіе приливовъ и отливовъ. Хотя прошло уже много вѣковъ, какъ съ тѣхъ поръ, какъ земная кора съ окружающими ее морями пришла въ положеніе равновѣсія, и теперь морские берега не отступаютъ, какъ это случалось прежде, отъ омывающихъ ихъ воды, а волны океановъ не прорываютъ береговъ и не затопляютъ, какъ прежде, цѣлыхъ огромныхъ областей, но все же и теперь можно наблюдать, какъ огромная масса воды совершаетъ два раза въ день свое правильное колебательное движеніе. Въ теченіе шести часовъ уровень моря повышается; вода, обходя прибрежныя скалы, затопляетъ низменные берега, проникаетъ въ устья рѣкъ, и эти послѣднія на много миль затопляютъ свои берега. Это время прилива. Когда уровень моря достигъ своей наибольшей высоты, наступаетъ такъ называемое время высокой воды. Вскорѣ послѣ этого вода начинаетъ убывать такъ же равномерно, какъ и прибывала, отливъ воды продолжается также около шести часовъ до тѣхъ поръ, пока уровень моря не достигнетъ своего мини-

мума. Этотъ низкій уровеньъ держится некоторое время, но затѣмъ вскорѣ вода снова начинаетъ прибывать, и это колебательное движеніе воды правильно повторяется постоянно въ одномъ и томъ же порядкѣ.

Это движеніе воды океана иногда еще увеличивается благодаря вѣтрамъ, но послѣднее въ такомъ образѣ не является причиной приливовъ и отливовъ, потому что эти явленія происходятъ также и въ тихую погоду, при совершенно ясномъ небѣ всегда въ одномъ и томъ же порядкѣ. Правильность здѣсь такъ велика, что это явленіе можно предсказать для любого мѣста и для какого угодно момента за нѣсколько лѣтъ впередъ съ такою же точностью, съ какою предсказываютъ астрономы, напримѣръ, солнечныя и лунныя затмѣнія.

**§ 35. Причина приливовъ и отливовъ.** Правильность этого явленія заставляетъ предположить, что и вызывающая его причина столь же правильна и постоянна, какъ и само явленіе. Но, чтобы найти эту причину, нужно подробно изслѣдовать долготыя наблюденія надъ приливами и отливами и изъ нихъ вывести періоды, по теченію которыхъ различныя фазы рассматриваемаго явленія повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Этимъ путемъ было найдено, что упомянутые сейчасъ періоды несомнѣнно исходятся въ связи съ синодическимъ оборотомъ луны (часть II, § 100), т.-е. съ временами наступленія новолунія и полнолунія, и при этомъ особенно выяснилась зависимость явленія отъ положенія нашего спутника относительно земли. Хотя продолжительность различныхъ слѣдующихъ другъ за другомъ періодовъ и не вполнѣ одинакова, но въ среднемъ за большой промежутокъ времени можно принять ее равной  $24^{\text{ч}} 50^{\text{м}}$ ; въ теченіе этого періода происходитъ всегда два прилива и два отлива. Этотъ промежутокъ времени равенъ въ точности тому промежутку, по теченію котораго луна въ любомъ мѣстѣ на земной поверхности снова проходитъ черезъ меридианъ этого мѣста, поэтому его можно назвать луннымъ сутками совершенно такъ же, какъ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кулиминаціями солнца на мѣстѣхъ солнечными сутками (часть I, § 94).

Такимъ образомъ, если въ какой-нибудь гавани время высокой воды сегодня соответствуетъ мѣстному полудню, т.-е. 12 часамъ, то на слѣдующій день оно наступитъ въ  $12^{\text{ч}} 50^{\text{м}}$  полудни, еще черезъ день въ  $1^{\text{ч}} 40^{\text{м}}$ , затѣмъ  $2^{\text{ч}} 30^{\text{м}}$  и такъ далѣе, иначе говоря, оно будетъ запаздывать ежедневно на 50 минутъ. Кроме того, между двумя такими вечерними приливами имѣетъ мѣсто одинъ утренній, такъ что первый изъ нихъ наступаетъ въ  $12^{\text{ч}} 25^{\text{м}}$  полночи на другой день утренній приливъ произойдетъ въ  $1^{\text{ч}} 15^{\text{м}}$  утра, на третій въ  $2^{\text{ч}} 5^{\text{м}}$ , на четвертый въ  $2^{\text{ч}} 55^{\text{м}}$  и такъ далѣе. Хотя отдѣльные промежутки между двумя послѣдовательными приливами бываютъ нѣсколькими минутами больше или меньше средняго промежутка, но такія неравенства служатъ только новымъ доказательствомъ того, что все явленіе вызывается дѣйствіемъ луны, такъ какъ продолжительность лунныхъ сутокъ тоже не всегда бываетъ одинакова, и эта разность также достигается нѣсколькихъ минутъ въ зависимости отъ скорости луннаго движенія по эллиптической орбитѣ вокругъ земли, и внимательное изслѣзованіе неравенствъ обоихъ явленій обнаружило между ними полное согласіе.

Однако, луна является хотя главной, но, во всякомъ случаѣ, не единственной причиной морскихъ приливовъ и отливовъ. Дѣйствительно, наблюдая это явленіе въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, можно замѣтить, что приливы во время новолунія или полнолунія бываютъ значительно сильнѣе, а во время квадратуръ, наоборотъ, гораздо слабѣ среднихъ приливовъ. Продолжая эти наблюденія, мы замѣчаемъ, что наиболѣе сильныя приливы и отливы имѣютъ мѣсто въ то время, когда солнце или луна ближе всего подходятъ къ землѣ. Далѣе, на явленія приливовъ и отливовъ оказываютъ влияние также склоненія названныхъ свѣтилъ, но при этомъ дѣйствіе луны оказывается всегда преобладающимъ.

**§ 36. Мѣстные условія, измѣняющія явленіе приливовъ и отливовъ. прикладной часъ.** Все предыдущее относится, строго говоря, только къ большимъ, открытымъ морямъ, къ

океанамъ. Въ закрытыхъ же моряхъ, напр., въ Средиземномъ или Каспійскомъ въ особенности вблизи береговъ и въ узкихъ заливахъ, вода задерживается и ея правильное движеніе подвержено возмущеніямъ; максимальный уровень моря и моментъ наступленія высокой воды такъ сильно мѣняются въ зависимости отъ мѣстныхъ условий, что иногда они бываютъ совершенно различными даже для двухъ соединенныхъ гаваней, хотя для одного и того же порта они остаются столь же постоянными, какъ и въ открытомъ морѣ. Въ Донкирхенѣ, напримѣръ, вода достигаетъ наибольшей высоты только черезъ 12 часовъ послѣ кульминаціи луны, въ С. Мало (широта  $48^{\circ} 39'$ ) черезъ 6 часовъ, а на мысѣ Доброй Надежды черезъ  $1\frac{1}{2}$  часа.

Время, протекшее отъ момента кульминаціи луны до наступленія въ какой-нибудь гавани наивысшаго уровня воды въ день новолунія, называютъ эмпирически прикладнымъ часомъ этой гавани; зная прикладной часъ, можно простымъ вычисленіемъ найти всѣ слѣдующіе моменты высокой воды въ теченіе данного мѣсяца. Прикладной часъ для нѣкоторыхъ гаваней данъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Амстердамъ . . . . .	3 часа — мин.	Кадиксъ . . . . .	1 часъ 15 мин.
Автверпенъ . . . . .	4 » 25 »	Каза . . . . .	11 » 45 »
Бергъ-опъ-Зоомъ . . . . .	3 » — »	Лиссабонъ . . . . .	4 » — »
Брестъ . . . . .	3 » 45 »	Ливернуль . . . . .	11 » — »
Бристоль . . . . .	6 » 45 »	Лондонъ . . . . .	2 » 45 »
Булонъ . . . . .	10 » 40 »	Остенде . . . . .	— » 20 »
Діепъ . . . . .	10 » 30 »	С.-Мало . . . . .	6 » — »
Дублинъ . . . . .	9 » 45 »	Плимуть . . . . .	6 » 5 »
Донкирхенъ . . . . .	11 » 45 »	Портемутъ . . . . .	11 » 40 »
Гренингенъ . . . . .	11 » 15 »	Фиссингенъ . . . . .	1 » — »
Гаубургъ . . . . .	5 » — »	Шербургъ . . . . .	7 » 45 »

Очень важно знать не только прикладной часъ, но также и высоту приливовъ для большого числа гаваней и съ возможно большею точностью, такъ какъ на нихъ основано предсказаніе будущихъ приливовъ, а знать впередъ ихъ наступленіе для морскихъ и приморскихъ жителей не только полезно, но и необходимо для избѣжанія разнаго рода несчастій.

Полной величиной прилива называется полуразность двухъ слѣдующихъ другъ за другомъ наибольшихъ высотъ воды надъ наименьшимъ ея уровнемъ, бывшемъ во время промежуточного отлива. Если, напримѣръ, при первомъ приливѣ вода достигла высоты 4,6 метра надъ уровнемъ моря во время наступившаго затмѣя отлива, а при второмъ приливѣ высота ея была 3,6 метровъ, то полная величина прилива равна 4 метрамъ. Эта полная величина прилива, на основаніи многочисленныхъ наблюденій составляетъ: для Бреста 3,21, для Шербурга—2,7, для С.-Мало 5,98, для Діепна 2,87 метровъ и т. д. Во французскихъ портахъ наибольшіе приливы случаются постоянно черезъ полтора дня послѣ новолунія и черезъ столько же дней послѣ полнолунія, и изученіе именно этихъ наибольшихъ приливовъ представляетъ особенный интересъ.

Лапласъ въ своей «Небесной Механикѣ» далъ простое выраженіе, при помощи котораго можно вычислить высоту приливовъ при всѣхъ новолуніяхъ и полнолуніяхъ какого-нибудь года. Эти вычисленія ежегодно производятся при парижской обсерваторіи. Такъ, напримѣръ, для Бреста въ 1834 году вычисленія дали.

Высота прилива.	
10 марта, новолуніе въ 11 час. утра . . . . .	0,84 метра
25 » полнолуніе » 6 » . . . . .	1,13 »

Чтобы найти наибольшую высоту воды въ Брестѣ во время мартовскихъ приливовъ въ 1834 году, нужно большее изъ приведенныхъ чиселъ, а именно 1,13, умножить на



полную величину прилива въ Бресль, т.-е. на 3,21, такъ что искомая высота равняется 3,63 метра, и такъ какъ этотъ наибольшій приливъ долженъ наступить черезъ полтора дня послѣ полнолуныя, то онъ падаетъ на 26 марта въ 6 час. вечера. Въ С. Мало въ тогъ же самый день наибольшій приливъ получается равнымъ 6,76 метровъ, или 20,8 парижскихъ футовъ.

§ 37. Объясненіе приливовъ и отливовъ. Выше уже было замѣчено, что приливы и отливы являются протѣкамъ слѣдствіемъ притяженія, оказываемаго солнцемъ и въ особенности луной на воды моря. Положимъ, что  $T$  (рис. 262) есть центръ луны,  $S$  центръ земного шара *AbVn*. Такимъ образомъ, точка  $A$  земной поверхности лежитъ ближе всего къ лунѣ, точка  $B$ , наоборотъ, находится на наибольшемъ отъ нея разстояніи. Очевидно, что наблюдатель, находящійся въ точкѣ  $A$ , видитъ луну въ зенитѣ, для мѣста же  $B$  луна находится въ надирѣ (Введеніе, § 6). Такъ какъ притяженіе луны, какъ и всякаго другого тѣла, обратно пропорціонально квадрату разстоянія, то ея дѣйствіе на точку  $A$  будетъ наибольшимъ, а на точку  $B$  наименьшимъ, тогда какъ для точекъ  $m$  и  $n$ , лежащихъ между  $A$  и  $B$ , ея притягательное дѣйствіе почти равно той силѣ, съ какою она притягиваетъ центръ земли  $S$ , иначе говоря, равно средней притягательной силѣ луны. Но такъ какъ точка  $A$  притягивается луною сильнѣе, чѣмъ центръ земли  $S$ ,

то эта точка будетъ стремиться приблизиться къ лунѣ  $T$  и удалиться отъ точки  $B$ , вследствие этого водная масса, расположенная около точки  $A$ , будетъ подыматься. Подобнымъ же образомъ точка  $B$  притягивается луною  $T$  слабѣе, чѣмъ центръ земли  $S$ , поэтому она будетъ отставать отъ  $S$ , будетъ стремиться удалиться отъ центра земли, и, слѣдовательно, вода, окружающая точку  $B$ , тоже подымается. То же самое будетъ имѣть мѣсто, хотя и въ болѣе слабой степени, во всѣхъ точкахъ земной поверхности, лежащихъ на одномъ меридіанѣ съ  $A$  и  $B$ , т.-е. для всѣхъ тѣхъ точекъ, для которыхъ луна кульминируетъ въ тогъ же моментъ, какъ и для  $A$  и  $B$ . Остальныя точки земной поверхности тѣмъ меньше будутъ удаляться отъ центра, тѣмъ меньше будутъ подниматься, чѣмъ дальне онѣ отстоятъ отъ этого меридіана. Точки  $n$  и  $m$ , для которыхъ луна находится около горизонта или даже въ самомъ горизонтѣ, будутъ притягиваться луною съ такою же силой, какъ и центръ земли  $S$  и, слѣдовательно, положеніе ихъ относительно этого послѣдняго останется неизмѣннымъ или, вѣрнѣе, уровень воды въ точкахъ  $m$  и  $n$  долженъ понизиться, потому что значительная часть ея идетъ на возвышеніе уровня въ точкахъ  $A$  и  $B$ .

Такимъ образомъ, безъ дальнѣйшихъ объясненій уже видно, что между двумя послѣдовательными кульминаціями луны два раза происходятъ приливы и отливы, и что приливъ для какой-нибудь точки земли имѣетъ мѣсто во время верхней или нижней кульминаціи луны (Введеніе, § 17), а отливъ бываетъ 6-ью часами раньше или позже прилива.

Все только-что сказанное о дѣйствіи луны относится также и къ солнцу, но его вліяніе въ этомъ случаѣ гораздо слабѣе; дѣйствительно, приливы и отливы обуславливаются разности тѣхъ притягательныхъ силъ, которыя дѣйствуютъ на какую-нибудь точку земной поверхности и на центръ земли, а эта разность для луны при ея близости къ землѣ, несмотря на ея незначительную массу, почти вдвое больше, чѣмъ для солнца. Солнечныя приливы въ какомъ-нибудь пунктѣ земной поверхности происходятъ въ полдень или полночь по мѣстному времени, и такъ какъ одинъ разъ въ мѣсяцъ, а именно во время полнолуныя, луна кульминируетъ одновременно съ солнцемъ и одинокъ разъ, а именно во время новолунія, въ полночь, то въ этихъ случаяхъ дѣйствія солнца и луны слабаются, и высота приливовъ значительно усиливается. Эти приливы называются сизи-

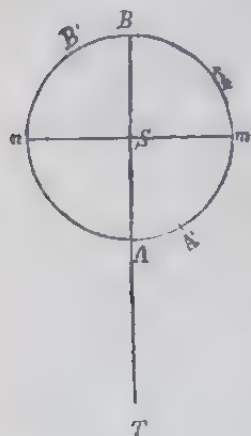


Рис. 262.

тинными (рис. 263); наоборот, во время квадратур, когда луна находится в линии *BSF*, а солнце на продолжении линии *NSM* (рис. 262), лунные приливы ослабляются действием солнца. Эти приливы называются квадратурными (рис. 262). Подобным же образом как солнечные, так и лунные приливы должны быть тем сильнее, чем ближе к землѣ находится эти светила, что вполне подтверждается и наблюдениями. Однако наибольшей высоты уровень воды въ какомъ-нибудь мѣстѣ достигаетъ обыкновенно не въ моментъ кульминаціи светила, а нѣсколькими часами позже; это объясняется различными причинами, препятствующими движению морскихъ водъ, и прѣимѣрь, инертностью водяной массы, треніемъ ея частицъ, неровностью морского дна и т. д. Подобнымъ же образомъ наибольшая температура дня, какъ извѣстно, имѣетъ мѣсто не въ полдень, а 2-мя часами позже, и максимумъ годовой температуры не совпадаетъ съ моментомъ лѣтняго солнцестоянія, когда солнце стоитъ выше всего, но наступаетъ лишь черезъ мѣсяцъ послѣ этого момента, такъ какъ послѣ момента, когда солнце занимаетъ наивысшее положеніе, въ теченіе нѣкотораго времени еще продолжается накопленіе солнечной теплоты.

Выше уже было сказано, что приливы наступаютъ одновременно для всѣхъ точекъ, лежащихъ на одномъ меридіанѣ съ точками *A* и *B*, но, очевидно, приливы будутъ темъ слабѣе, чемъ дальше отъ точекъ *A* или *B* отстоитъ данная точка. Такъ какъ, съ другой стороны, солнце и луна никогда очень значительно не удаляются отъ плоскости экватора, то мѣста *A* и *B*, гдѣ проходятъ наибольшіе приливы, должны лежать вблизи земного экватора, или, иначе говоря, въ жаркомъ поясѣ земной поверхности. Такимъ образомъ, наиболѣе сильные приливы должны происходить въ тропическихъ странахъ, и по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ приливы должны становиться болѣе слабыми. Это вполне подтверждается наблюденіями. Въ Остѣ-Индіи и у тропическихъ береговъ Америки приливы достигаютъ необыкновенной высоты, причемъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ они еще значительно усиливаются благодаря мѣстнымъ условіямъ, и прѣимѣрь, благодаря тому, что различныя приливныя волны слагаются вмѣстѣ. Такъ, въ заливѣ Фунд-Бей разность уровней достигаетъ иногда 30 метровъ, въ гавани С.-Мало она нѣрѣдко доходитъ до 15 метровъ. Наоборотъ, въ Балтійскомъ морѣ измѣненіе уровня воды такъ же мало замѣтно, какъ и въ небольшихъ закрытыхъ со всѣхъ сторонъ моряхъ, и прѣимѣрь, Черномъ или Каспійскомъ.



Рис. 263.

§ 38. Опредѣленіе массы луны; исторія теоріи приливовъ и отливовъ. Особая вліяніе луны на приливы и отливы отъ того вліянія, которое оказываетъ на нихъ солнце, мы получаемъ возможность опредѣлить массу луны. Такимъ путемъ было получено, что масса нашего спутника равна приблизительно  $\frac{1}{81}$  массы земли. Этотъ результатъ довольно хорошо согласуется съ результатами, выведенными изъ другихъ опредѣленій.

Теорія приливовъ и отливовъ, взятая во всей ея полнотѣ, является одной изъ самыхъ

трудных, что видно уже из многих неудачных попыток знаменитых геометров объяснить все подробности этого явления. Еще Кеплеръ пытался дать теорію приливовъ, но Ньютонъ первый взглянулъ на это явление съ правильной точкой зрѣнія и далъ свою теорію въ 1687 г. Однако, оставалось еще многое сдѣлать, чтобы его иѣрыныя идеи можно было примѣнить къ полному объясненію явленія. Въ 1738 г. французская академія науки назначила премію за сочиненія по этому вопросу, и четыре мемуара были удостоены пограты. Авторами первыхъ трехъ были Даниель Бернуллі, Леонардъ Эйлеръ и Маклоренъ. Вѣкъ они съ необыкновеннымъ остродуміемъ воспользовались планомъ, намѣченнымъ Ньютономъ. Четвертымъ мемуаръ былъ написанъ извѣстнымъ иезуитомъ Кавальери; послѣдній старался примѣнить къ этому вопросу теорію вихрей, которой парижская академія придерживалась еще долгое время послѣ того, какъ Ньютонъ установилъ свой законъ всемирнаго тяготѣнія. Современной намъ теоріей приливовъ и отливовъ мы обязаны, главнымъ образомъ, Лапласу, который въ своей «Небесной механикѣ» далъ необыкновенно глубокія изслѣдованія по этому вопросу.



Рис. 264.

эти свѣтила еще сильнѣе дѣйствуютъ на легко подвижную атмосферу, окружающую со всѣхъ сторонъ нашу землю. И это дѣйствіе безусловно сказывается на высшихъ слояхъ атмосферы. Но мы живемъ лишь на днѣ этого воздушнаго океана и находимся въ данномъ случаѣ въ такихъ же условіяхъ, какъ и обитатели морскихъ глубинъ, которые едва ли бы могли замѣтить даже довольно значительныя измѣненія, происходящія на поверхности океана. Во всякомъ случаѣ, продолжительныя наблюденія съ прекрасными инструментами обнаружили суточную періодичность въ колебаніяхъ барометрическаго давленія. Согласно съ этими наблюденіями, наибольшая высота ртутнаго столба барометра бываетъ у насъ около 9 или 10 часовъ утра; затѣмъ она уменьшается и около 4 часовъ вечера достигаетъ минимума. Послѣ этого она снова поднимается и около 11 часовъ вечера достигаетъ второй максимумъ, послѣ котораго высота ртути уменьшается до второго минимума около 4 часовъ утра. Отсюда видно, что наступленіе максимумовъ и минимумовъ барометрическаго давленія находится въ зависимости скорѣе отъ положенія солнца, чѣмъ луны, и обуславливается поэтому простымъ нагреваніемъ нашей атмосферы подѣ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей.

Кавальери; послѣдній старался примѣнить къ этому вопросу теорію вихрей, которой парижская академія придерживалась еще долгое время послѣ того, какъ Ньютонъ установилъ свой законъ всемирнаго тяготѣнія. Современной намъ теоріей приливовъ и отливовъ мы обязаны, главнымъ образомъ, Лапласу, который въ своей «Небесной механикѣ» далъ необыкновенно глубокія изслѣдованія по этому вопросу.

§ 39. Атмосферные приливы и отливы. Такъ какъ дѣйствіе солнца и луны на наши моря очень значительно, то весьма вѣроятно, что

## Г Л А В А IV.

## Возмущенія планетъ вообще.

§ 40. **Трудность опредѣленія возмущеній.** Если бы земля была единственною планетою въ нашей солнечной системѣ, то было бы очень легко опредѣлить ея орбиту самымъ точнымъ образомъ. Въ этомъ случаѣ, въ основаніи предидущаго, орбитой земли была бы эллиптическая кривая, и достаточно было бы небольшого числа хорошихъ наблюденій, чтобы найти положеніе, разікры и видъ эллипса, описываемаго землей вокругъ солнца.

Но кромѣ земли около солнца обращается еще нѣсколько другихъ планетъ, а также большое число кометъ, и такъ какъ всѣ эти тѣла обладаютъ свойствомъ притягивать другъ друга, то эллипсы, которые они описывали бы около солнца, если бы каждое изъ нихъ существовало только одно, подвергаются самымъ разнообразнымъ измѣненіямъ. Напримеръ, въ то время, какъ Юпитеръ подъ дѣйствіемъ силы солнца описываетъ вокругъ него свой огромный эллипсъ, всѣ остальные планеты, въ особенности ближайшія къ нему, Марсъ и Сатурнъ, непрерывно стремятся измѣнить его эллиптическій путь. Въ зависимости отъ разстоянія и положенія окружающихъ его планетъ, эти послѣднія оказываютъ различное дѣйствіе на движеніе Юпитера: одна планета увеличиваетъ скорость его движенія, другая, наоборотъ, заставляетъ его двигаться медленнѣе, третья стремится сдвинуть его вверхъ съ первоначальнаго пути, четвертая, наоборотъ, внизъ. Такимъ образомъ, Юпитеръ, какъ и вообще всѣ остальные небесныя тѣла, обращающіяся вокругъ солнца, не описываетъ вокругъ него правильнаго эллипса, а движется по весьма сложной ежеминутно измѣняющейся кривой линіи.

Съ этой точки зрѣнія точное опредѣленіе положенія планеты или кометы, да и вообще вся астрономія, повидимому, далеко превосходятъ человѣческія силы. Дѣйствительно, если вспомнить, что прошло много тысячелѣтій, прежде чѣмъ человѣскій гений постигъ самое важное, самое замѣчательное и самое близкое къ намъ изъ всѣхъ явленій природы, а именно двойное движеніе земли, то, повидимому, нечего и пытаться рѣшать эту въ высшей степени сложную задачу. Задача эта состоитъ, коротко говоря, въ слѣдующемъ: даны скорости и направленія движенія сотни или болѣе небесныхъ тѣлъ, изъ которыхъ каждое притягиваетъ всѣ остальные и само ими притягивается, и требуется опредѣлить путемъ вычисленія положеніе и скорость каждаго изъ этихъ тѣлъ для любого момента времени. Взаимное расположеніе этихъ тѣлъ постоянно мѣняется; мѣняется, слѣдовательно, и ихъ дѣйствіе другъ на друга. Поэтому со стороны человѣка было бы слишкомъ смѣло и даже почти дерзко браться за рѣшеніе подобной задачи.

Однако, астрономы отважились на это, и ихъ смѣлость увѣнчалась успѣхомъ. Мы не можемъ заводигъ нашего читателя въ лабиринтъ тѣхъ математическихъ изысканій, благодаря которымъ явилась возможность рѣшить одну изъ самыхъ важныхъ и самыхъ трудныхъ задачъ, когда-либо представившихся человѣку; однако, мы попытаемся указать въ общихъ чертахъ ходъ самаго рѣшенія, но предварительно мы остановимся на тѣхъ обстоятельствахъ, которыя существеннымъ образомъ облегчили трудъ.

§ 41. **Обстоятельства, облегчающія рѣшеніе задачи. I. Большія разстоянія свѣтила отъ земли.** Прежде всего мы должны замѣтить, что та необыкновенная точность, съ которою опредѣляютъ астрономы положенія свѣтилъ, лишь относительна, и что получаемые ими результаты показались бы намъ во многихъ случаяхъ очень неточными,

если бы мы могли извлечь произведени измеренія съ масштабомъ въ рукахъ. Правда, астрономы могутъ указать за сто лѣтъ впередъ положеніе какой-нибудь планеты на небѣ съ ошибкой, не превосходящей толщины паутиной нити. Эта точность, дѣйствительно, чрезвычайно велика, и если мы будемъ имѣть въ виду тѣ трудности, которыя при такихъ опредѣленіяхъ приходится преодолевать, то намъ не останется ничего болѣе, какъ только удивляться достигнутымъ результатамъ. Но какую часть небеснаго свода покроетъ эта нить, если ее держать передъ глазами на разстояніи наилучшаго видѣнія? Въ этомъ случаѣ ее толщина будетъ соответствовать углу въ  $10''$ . Но чему равняются въ линейной мѣрѣ эти  $10''$ , если дѣло идетъ, напримеръ, объ окружности орбиты Урана? Даже и въ этомъ случаѣ мы получимъ весьма значительное число, а именно 130000 километровъ, что въ десять разъ больше земнаго диаметра. Если же взять самую близкую къ намъ звезду,  $\alpha$  Цепгавра, которая отстоитъ отъ насъ (часть II, § 176) на 41 билліонъ километровъ, то  $10''$  секунды дуги будетъ соответствовать уже 2000 милліонъ километровъ. Эту-то величину астрономы считаютъ малой и имѣютъ на это нѣкоторое право, потому что ошибка въ  $10''$  по отношенію къ цѣлой окружности круга составляетъ лишь одну 129000-ую часть. И въ этомъ смыслѣ такая точность сравнима съ точностью измеренія размѣровъ и объемовъ окружающихъ насъ тѣлъ, такъ какъ при этихъ измереніяхъ ошибка не превосходитъ одной стотысячной доли всей величины. Но, несмотря на это, все же остается справедливымъ, что эти величины сами по себѣ очень значительны, какъ бы малы онѣ намъ ни казались вследствие ихъ большого отъ насъ разстоянія. И то, что онѣ находятся такъ далеко отъ насъ, является для насъ очень благоприятнымъ обстоятельствомъ. Дѣйствительно, если бы этотъ рой небесныхъ свѣтилъ находился совсѣмъ близко отъ насъ, и если бы мы могли замѣчать каждое малѣйшее измѣненіе скорости перемѣщеній между собой движеній, то, по всей вѣроятности, никому бы изъ насъ и въ голову не пришло отыскивать тѣ законы, которые управляютъ этими движеніями. Но свѣтила находятся отъ насъ на огромныхъ разстояніяхъ, и потому измѣненія, происходящія въ ихъ движеніи, представляются намъ даже въ самые сильные телескопы, такъ сказать, въ грубомъ видѣ, лишь въ общихъ чертахъ, что позволяетъ намъ понять наиболѣе характерныя ихъ особенности, не затемняясь въ данномъ случаѣ мелкими деталями. Часто случается, что какое-нибудь явленіе можно хорошо изучить только съ достаточно большого разстоянія, тогда какъ поблизи главныя черты затемняются менѣе важными подробностями. Если бы, напримеръ, нѣсколько лицъ стали разсматривать большую картину въ сильные микроскопы, такъ что каждый изъ нихъ могъ бы видѣть только часть ея, то у каждаго изъ нихъ получилось бы особое мнѣніе объ этой картинѣ: одинъ думалъ бы, что на ней изображенъ домъ, другой, что это дерево, третій считалъ бы ее за портретъ и т. д. Жители луны, если только они существуютъ, находятся отъ насъ на разстояніи 384000 километровъ и, следовательно, видятъ сразу всю землю, поэтому они, безъ сомнѣнія, знали нашу Америку и Новую Голландію прежде, чѣмъ эти страны были открыты нами, и, кромѣ того, при одномъ только взглядѣ на землю они должны были замѣтить ее суточное вращеніе, существованіе котораго было доказано Коперникомъ лишь сравнительно недавно.

Но огромныя разстоянія, отдѣляющія небесныя тѣла отъ земли, — это не единственное обстоятельство, позволяющее намъ рѣшить упомянутую выше важную задачу. Наша солнечная система обладаетъ дѣльнымъ рядомъ особенностей, которыя значительно облегчаютъ ее рѣшеніе.

§ 42. II. Незначительность планетныхъ массъ въ сравненіи съ массой солнца. Въ неравенства движеній, происходящія вследствие взаимнаго притяженія планетъ, настолько малы, что они вообще лишь незначительно измѣняютъ тотъ эллиптический путь, который описывала бы каждая планета подъ притягательнымъ дѣйствіемъ одного солнца; поэтому такія неравенства разсматриваютъ какъ незначительныя неправильности эллип-

тической орбиты и обыкновенно называютъ возмущеніями или пертурбаціями. Выше мы показали, что всѣ небесныя тѣла притягиваютъ другъ друга съ силою, прямо пропорціональною ихъ массамъ и обратно пропорціональною квадратамъ разстояній между ними. Поэтому если бы, напримѣръ, Юпитеръ находился въ какой-нибудь моментъ на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ солнца и отъ Сатурна, и если бы масса послѣдняго равнилась массѣ солнца, то Юпитеръ обими этими тѣлами притягивался бы одинаковымъ образомъ, и вслѣдствіе этого возмущеніе было бы такъ велико, что повлекло бы за собой полное измѣненіе движенія и орбиты Юпитера. Но масса Сатурна составляетъ всего одну 3000-ую часть массы солнца; въ такомъ же отношеніи, слѣдовательно, находятся и притяженія, оказываемыя на Юпитера этой планетой и солнцемъ при одинаковыхъ разстояніяхъ этихъ тѣлъ отъ Юпитера. Извѣстно, что сумма массъ всѣхъ планетъ меньше одной 800-ой части массы солнца; поэтому даже если бы всѣ онѣ были собраны въ одну точку, то и тогда бы онѣ лишь незначительно измѣнили то главное дѣйствіе, которое оказываетъ на каждую изъ нихъ солнце. При такомъ устройствѣ наше планетное царство имѣетъ строго монархическую форму правленія; здѣсь сила владыки далеко превосходитъ силу каждаго изъ его многочисленныхъ подданныхъ, и малѣйшій безпорядокъ, малѣйшее неповиновеніе здѣсь тотчасъ же устраняются благодаря господству великаго закона, исходящаго непосредственно отъ самого монарха, который соединяетъ въ себѣ и законодательную, и исполнительную власть: и онъ имѣетъ на это полное право, такъ какъ по своей массѣ, которая въ этомъ случаѣ замѣняетъ силу ума, онъ въ 800 разъ превосходитъ всѣхъ своихъ подданныхъ, взятыхъ вмѣстѣ. Такое устройство является характернымъ также и для отдѣльныхъ частей нашей планетной системы, такъ какъ многочисленные вассалы, находясь въ полномъ повиновеніи своему владыкѣ, требуютъ той же покорности отъ своихъ подданныхъ. И, надо прибавить, на такое требованіе они также имѣютъ полное право, потому что и они по своей силѣ часто во столько же разъ превосходятъ своихъ подданныхъ, во сколько ихъ собственная власть меньше власти главнаго повелителя. Земля съ своей луной представляетъ одно изъ малевькихъ государствъ въ государствѣ, она заставляетъ своего спутника, какъ покорнаго и молчаливаго раба, слѣдовать за ней въ ея движеніи вокругъ солнца, и масса нашей планеты приблизительно въ 80 разъ больше массы луны. Юпитеръ, описывая свою огромную орбиту, увлекаетъ за собой 5 спутниковъ, въ совокупности обладающихъ массой, которая составляетъ всего одну 10000-ую часть массы ихъ повелителя. Подобное же соотношеніе существуетъ между планетами Ураномъ и Сатурномъ и ихъ спутниками. Спутники, такимъ образомъ, подчиняются своимъ главнымъ планетамъ, которыя, въ свою очередь, подчинены преобладающему дѣйствию солнца.

§ 43. III Незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ. Но этого благоприятнаго обстоятельства было бы еще недостаточно для того, чтобы имѣть возможность производить вычисленія, необходимыя для рѣшенія нашей задачи, если бы не существовало еще другихъ не менѣе благоприятныхъ особенностей строения солнечной системы. Если бы, напримѣръ, самая большая изъ планетъ, Юпитеръ, двигался по орбитѣ, эксцентриситетъ которой равнялся бы половинѣ его большой оси, то онъ иногда такъ близко подходилъ бы къ другимъ планетамъ и вызывалъ бы вслѣдствіе этого столь сильныя возмущенія въ ихъ движеніи, что, въ концѣ концовъ, могла бы совершенно видоизмѣниться вся солнечная система. Но орбита Юпитера далеко не является столь губительной для нашей солнечной системы, такъ какъ ея эксцентриситетъ равенъ не больше, какъ  $\frac{1}{500}$  части большой полуоси. Даже у Меркурія, орбита котораго въ сравненіи съ другими большими планетами обладаетъ наибольшимъ эксцентриситетомъ, этотъ послѣдній равенъ всего  $\frac{1}{5}$  части большой полуоси; подобными же эксцентриситетами обладаютъ астероиды. Но эти планеты такъ малы, а Меркурию, кромѣ того, находится такъ близко отъ солнца, что возмущенія, вызываемыя ими, никогда не достигаютъ значительной величины.

То же самое можно замѣтить и относительно наклонностей орбитъ къ эклиптикѣ. Очевидно, что если бы орбиты всѣхъ планетъ лежали въ точности въ плоскости эклиптики, то онѣ и всегда оставались бы въ этой плоскости. Однако, этого въ нашей планетной системѣ нѣтъ, но все же орбиты большихъ планетъ наклонены другъ къ другу подъ небольшими углами, не превосходящими  $3^\circ$ ; поэтому и возмущения, зависящія отъ взаимнаго расположенія орбитъ, остаются незначительными. Только Меркурій и астероиды опять составляютъ исключение. наклонность орбиты Меркурія равна  $7^\circ$ , а у Паллады она достигаетъ даже  $35^\circ$ , но это по указанной выше причинѣ не можетъ оказать сколько-нибудь замѣтнаго дѣйствія на остальныхъ планеты.

§ 44. IV. **Большія взаимныя разстоянія планетъ.** Наконецъ, большія планеты отдѣлены другъ отъ друга такими громадными разстоянiями въ сравненiи съ ихъ собственными размѣрами, что уже по одной этой причинѣ ихъ взаимное притяженiе должно быть очень незначительнымъ.

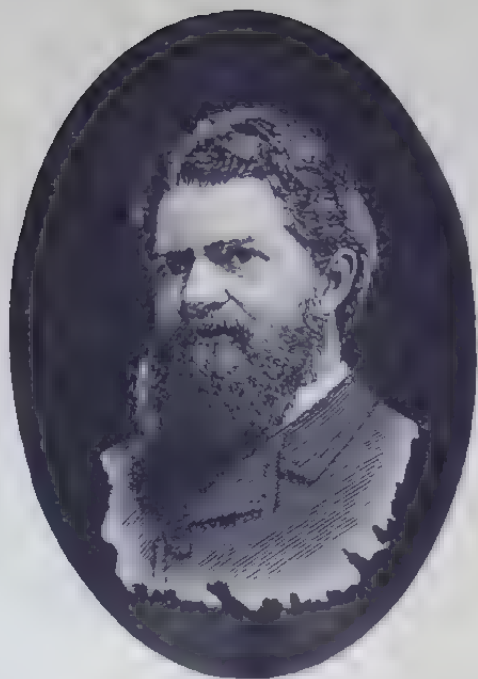
Громадное превосходство массы солнца надъ массами всѣхъ остальныхъ планетъ, большія взаимныя разстоянiя послѣднихъ, остающiяся такими во все время ихъ движенiя, небольшiе эксцентриситеты и наклонности планетныхъ орбитъ, — всѣ эти обстоятельства являются причиной того, что взаимныя возмущенiя планетъ постоянно остаются очень малыми, а для насъ они кажутся еще болѣе незначительными, такъ какъ мы наблюдаемъ ихъ съ очень большого разстоянiя. Благодаря этимъ-то благоприятнымъ обстоятельствамъ и сдѣлалось возможнымъ рѣшенiе основного вопроса объ опредѣленiи возмущенiй: но уже изъ вышеизложенныхъ предварительныхъ замѣчанiй видно, что мы обладаемъ не строгимъ и общимъ рѣшенiемъ, а лишь приближеннымъ, хотя приближенiе это вполнѣ удовлетворяетъ всѣмъ нашимъ требованiямъ. Такъ какъ, несмотря на столь благоприятныя обстоятельства, до сихъ поръ не удалось представить возмущенiя въ такъ называемой конечной аналитической формѣ, то обыкновенно, что гораздо легче, разлагаютъ возмущенiя въ бесконечные ряды, расположенныя по возрастающимъ степенямъ массъ, эксцентриситетовъ и наклонностей. Но такъ какъ всѣ эти три величины малы, то члены ряда быстро убываютъ съ возрастанiемъ показателя степени: поэтому во многихъ случаяхъ, безъ значительной ошибки, можно ограничиваться только первыми членами этого ряда.

Огмѣлимъ здѣсь еще одно, весьма важное обстоятельство, о которомъ мы уже упоминали выше. Всѣ планеты имѣютъ приблизительно шарообразную форму, а законъ Ньютона обладаетъ тѣмъ, исключительно ему принадлежащимъ, свойствомъ, что шаръ притягиваетъ всѣ вѣсѣ его находящiяся тѣла такъ, какъ если бы вся его масса была сосредоточена въ его центрѣ. Поэтому вопросъ объ опредѣленiи взаимныхъ возмущенiй планетъ сводится къ вопросу о возмущенномъ движенiи материальныхъ точекъ, и, очевидно, было бы гораздо труднѣе рѣшить нашу задачу, если бы пришлось принимать во вниманiе форму движущихся тѣлъ.

§ 45. **Задача о трехъ тѣлахъ.** Но и при такомъ способѣ рѣшенiя задачи опредѣленiе возмущенiй, испытываемыхъ какой-нибудь планетой со стороны всѣхъ остальныхъ было бы непосильной работой даже для самыхъ опытныхъ и самыхъ терпѣливыхъ вычислителей, такъ какъ въ дѣйствительности необходимо сразу опредѣлить всѣ эти возмущенiя. Напримеръ, для того, чтобы опредѣлить возмущенiя, которыя въ некоторый моментъ претерпѣваетъ наша земля со стороны всѣхъ остальныхъ планетъ, нужно было бы, при строгомъ рѣшенiи вопроса, знать сначала всѣ возмущенiя, испытываемыя въ тотъ же самый моментъ каждой изъ возмущающихъ землю планетъ со стороны всѣхъ остальныхъ, включая сюда, конечно, и землю. Но всѣ эти возмущенiя очень малы; поэтому при рѣшенiи нашей задачи достаточно опредѣлять возмущенiя каждой отдѣльной планеты, испытываемыя ею подѣ дѣйствiемъ каждой изъ остальныхъ, предполагая при этомъ, что каждая изъ возмущающихъ планетъ движется вокругъ солнца по эллиптической орбитѣ. Такимъ обра-



Лапласъ (1749—1827)



Ньюкомб.



Гюльденъ (1841—1896).



Тиссеранъ (1845 -1896).



зомъ, при рѣшеніи нашей задачи можно разсматривать только три тѣла: солнце, возмущающую и возмущаемую планеты. Отсюда получается извѣстная задача о трехъ тѣлахъ о которой мы уже упоминали выше (§ 10). Ньютонъ первый предложилъ эту задачу; онъ же первый и рѣшилъ ее, по крайней мѣрѣ, въ главныхъ чертахъ. Послѣ него самые знаменитые геометры Д'Аламберъ, Эйлеръ, Лапласъ, Лагранжъ занимались этой задачей, но только въ наше время Гауссъ, Якоби, Гюльденъ, Тиссеранъ и др. развили этотъ вопросъ до такой полноты, что остается желать еще лишь очень немногого.

## Г Л А В А V.

### Періодическія возмущенія.

§ 46. Два рода возмущеній. Взаимное притяженіе планетъ вызываетъ прежде всего измѣненія въ положеніи этихъ тѣлъ; слѣдовательно, вслѣдствіе взаимныхъ возмущеній двухъ планетъ непрерывно мѣняются ихъ долготы и широты, а также ихъ разстоянія какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Эти возмущенія обуславливаются, такимъ образомъ, прежде всего мѣстами обѣихъ планетъ на ихъ орбитахъ или, иначе говоря, ихъ взаимнымъ расположеніемъ. Но, совершивъ извѣстное число оборотовъ, обѣ планеты снова приходятъ въ прежнее взаимное расположеніе; поэтому и упомянутые сейчасъ возмущенія должны повторяться черезъ извѣстные промежутки времени, вслѣдствіе чего они называются періодическими.

Но возмущенія, зависящія отъ взаимнаго расположенія планетъ на ихъ орбитахъ, оказываютъ также вліяніе на самыя орбиты и, въ концѣ концовъ, мѣняютъ ихъ видъ, положеніе, а, можетъ-быть, даже и размѣры. Вслѣдствіе этого возможно накопленіе возмущеній съ теченіемъ времени. Такъ, напримѣръ, измѣненіе орбиты Юпитера въ некоторый данный моментъ зависитъ не только отъ взаимнаго расположенія въ этотъ моментъ его самого и ближайшихъ къ нему планетъ Марса и Сатурна, но и отъ совокупности всѣхъ положеній дѣйствующихъ на Юпитера планетъ за нѣсколько сотенъ лѣтъ; иначе говоря, измѣненія орбиты Юпитера должны зависѣть отъ положенія всѣхъ остальныхъ планетныхъ орбитъ относительно орбиты Юпитера. Но положенія этихъ орбитъ, какъ мы увидимъ ниже, также мѣняются съ теченіемъ времени и прежнія положенія эти орбиты принимаютъ лишь по истеченіи весьма большихъ промежутковъ времени. Поэтому соответствующія возмущенія, которыя относятся уже не къ положенію возмущенныхъ планетъ на орбитахъ, а только къ элементамъ ихъ орбитъ, хотя и мѣняютъ періодически свою величину, но эти періоды охватываютъ нѣсколько тысячелѣтій. По этой причинѣ такія возмущенія, въ отличіе отъ предыдущихъ, называются вѣковыми.

Однако, эти послѣднія возмущенія, несмотря на ихъ названіе, не представляютъ исключенія изъ общаго правила, и на нихъ никоимъ образомъ нельзя смотрѣть какъ на явленіе, производящее разстройство и беспорядокъ въ организаціи солнечной системы. Наоборотъ, они служатъ лишь новымъ подтвержденіемъ того великаго закона, которому молча повинуются всѣ небесныя тѣла, даже при кажущихся отъ него уклонахъ.

§ 47. Періодическія возмущенія луны I. Эвекція. Мы рассмотримъ сначала періодическія возмущенія и особенно остановимся на неравенствахъ въ движеніи луны, такъ какъ это небесное тѣло находится ближе всего къ намъ, и ея возмущенія превосходятъ по своей величинѣ возмущенія планетъ, такъ что еще древніе греки замѣтили нѣкоторыя изъ нихъ.

Эллиптическая орбита земли и самое положеніе земли на ея орбитѣ измѣняются подъ вліяніемъ притяженія окружающихъ планетъ очень незначительно. Въ самомъ неблагоприятномъ случаѣ положеніе земли на ея орбитѣ можетъ измѣниться всего на  $40''$ ,

а ея разстояніе отъ солнца—лишь на одну 10000-ую часть большой полуоси ея орбиты. Въ предыдущей главѣ мы уже замѣтили, что это обусловливается, главнымъ образомъ, незначительностью массъ возмущающихъ планетъ и тѣми огромными разстояніями, на которыхъ онѣ находятся отъ земли. Если возмущенія, происходящія отъ дѣйствія планетъ, такъ незначительны для самой земли, то они еще меньше для луны, которая, находясь постоянно близъ земли, въ среднемъ отстоитъ отъ планетъ на такомъ же разстояніи, какъ и эта послѣдняя. Но что касается дѣйствія солнца, то здѣсь дѣло обстоитъ иначе. Дѣйствительно, луна движется по эллиптической кривой, въ одномъ изъ фокусовъ которой находится земля; следовательно, луна движется собственно вокругъ земли, и если бы кромѣ обитаемой нами планеты не существовало другихъ небесныхъ тѣлъ, обладающихъ достаточно большими размѣрами или находящихся на достаточно маломъ разстояніи отъ луны, чтобы своимъ притяженіемъ измѣнять ея движеніе, то луна, не подвергаясь никакимъ возмущеніямъ, описывала бы свой эллипсъ вокругъ земли. Но въ дѣйствительности солнце, хотя и находится въ 400 разъ дальше отъ земли, чѣмъ луна, зато обладаетъ массой, которая въ 323000 разъ больше массы земли (§ 23); это огромное превосходство солнечной массы и является причиной того, что, несмотря на большое разстояніе, дѣйствіе солнца все же настолько значительно, что оно свободно можетъ измѣнить положеніе луны на орбитѣ, описываемой ею вокругъ земли, больше чѣмъ на  $2^\circ$ . Въ дѣйствительности не земля, а центръ тяжести системы, состоящей изъ земли и луны, описываетъ въ теченіе года эллиптическій путь вокругъ солнца. Если два неодинаковыхъ шара соединить стержнемъ и въ той точкѣ этого послѣдняго, гдѣ лежитъ общій центръ тяжести шаровъ, прикрѣпить тѣсму и вращать затѣмъ эту систему на подобіе пращи, то получится приблизительно картина движенія луны вокругъ земли, а вылетѣ съ нею и вокругъ солнца, съ тою только разницею, что въ случаѣ земли и луны, эти два движущіяся тѣла настолько неодинаковы по своимъ размѣрамъ, что центръ тяжести образуемой ими системы лежитъ внутри земли. Разстояніе солнца отъ земли, какъ было выше сказано, въ 400 разъ больше среднего разстоянія луны отъ земли. Поэтому разстояніе солнца отъ луны иногда бываетъ на  $\frac{1}{400}$  больше, иногда на ту же величину меньше, чѣмъ разстояніе его отъ земли; иногда же эти разстоянія бываютъ въ точности равны между собой. Сколь бы малой эта величина ни казалась, все же солнце оказываетъ сильное вліяніе на движеніе луны. Кромѣ того, луна движется то по направленію къ солнцу, то по прямо противоположному направленію, и вълѣдствіе этого скорость нашего спутника то увеличивается, то уменьшается; такимъ образомъ, подъ возмущающимъ дѣйствіемъ солнца можетъ сильно измѣниться не только разстояніе луны отъ земли, но и самый характеръ ея движенія.

Изъ этихъ возмущеній, производимыхъ въ движеніи луны солнцемъ, особенно замѣчательны возмущенія въ долготѣ нашего спутника. Такъ какъ эксцентриситетъ лунной орбиты довольно значителенъ, то уравненіе орбиты (часть I, § 82) для луны можетъ быть больше  $6^\circ$ , такъ что уже простое эллиптическое движеніе луны вокругъ земли, безъ дѣйствія солнца, было бы очень неравномернымъ. Подъ вліяніемъ же солнечнаго притяженія появляется еще цѣлый рядъ неравенствъ, изъ которыхъ самое значительное носитъ названіе эвекціи и было открыто еще Николомъ (въ 130 году послѣ Р. Хр.) Это неравенство достигаетъ наибольшей величины тогда, когда большая ось лунной орбиты совпадаетъ съ линіей сизигій (съ линіей новолунія и полнолунія), а наименьшей, когда эта ось совпадаетъ съ линіей квадратуръ (съ линіей первой и послѣдней четверги); въ первомъ случаѣ это неравенство составляетъ  $1^\circ 15'$ .

Если, напримѣръ, новолуніе происходитъ какъ-разъ въ тотъ моментъ, когда луна находится въ наибольшемъ удаленіи отъ земли, то, занимая положеніе между солнцемъ и землей, она будетъ находиться въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца. Поэтому въ этомъ случаѣ дѣйствіе земли на луна будетъ слабѣе, а дѣйствіе солнца сильнѣе, чѣмъ средня

дѣйствія этихъ тѣлъ на луну во время новолуній. Слѣдовательно, солнце будетъ притягивать къ себѣ луну сильнѣе обыкновеннаго и, такимъ образомъ, будетъ увеличивать ея наибольшее разстояніе отъ земли, или, иначе говоря, будетъ увеличивать эксцентриситетъ ея орбиты. Черезъ полмѣсяца полнолуние произойдетъ во время прохожденія луны черезъ перигей; въ этомъ случаѣ земля будетъ дѣйствовать сильнѣе, чѣмъ при среднемъ разстояніи, и вълѣдствіе этого будетъ уменьшаться перигейное разстояніе луны, что опять равносильно увеличенію эксцентриситета. То же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, если не новолуние, а полнолуние происходитъ въ моментъ прохожденія луны черезъ апогей, то-есть при наибольшемъ ея разстояніи отъ земли; такъ какъ и въ этомъ случаѣ подъ совмѣстнымъ дѣйствіемъ солнца и луны лунная орбита будетъ стремиться растянуться (evolute), откуда и происходитъ самое названіе эвекціи.

Если же, наоборотъ, большая ось лунной орбиты, или линія апсидъ (которая, какъ мы увидимъ далѣе, движется такъ быстро, что въ одинъ годъ ея положеніе на небесномъ сводѣ измѣняется болѣе, чѣмъ на  $40^\circ$ ), совпадаетъ съ линіей квадратуръ, то притяженія солнца и земли во время новолунія или полнолунія, имѣютъ свою среднюю величину, на-противъ того во время квадратуръ луна находится или въ наибольшемъ, или въ наименьшемъ удаленіи отъ земли. Но такъ какъ во время квадратуръ солнце находится отъ земли и отъ луны почти на одинаковыхъ разстояніяхъ, то оно притягиваетъ землю и луну почти съ одинаковой силой, вълѣдствіе чего въ относительномъ движеніи луны вокругъ земли появляются лишь весьма малыя возмущенія, и, слѣдовательно, въ этомъ случаѣ эвекція незначительна. Болѣе подробное изслѣдованіе, выходящее, къ сожалѣнію, изъ рамокъ вашей книги, показываетъ, что въ этомъ случаѣ соединенное дѣйствіе солнца и земли уменьшаетъ эксцентриситетъ лунной орбиты.

Такимъ образомъ, чтобы понять вліяніе эвекціи на движеніе луны, мы можемъ сдѣлать допущеніе, что эксцентриситетъ лунной орбиты периодически мѣняется съ теченіемъ времени. Это зналъ еще Штоломей, который старался объяснить замѣченныя имъ неравенства луннаго движенія измѣненіемъ положенія эксцентрическаго круга (часть I, § 64).

§ 48. II. **Вариация.** Другое большое неравенство лунной долготы называется вариацией; оно было замѣчено еще въ десятомъ вѣкѣ арабскимъ астрономомъ Абуль-Вефа, но затѣмъ снова было забыто. Вторично открылъ его Тихо де-Браге. Вариация можетъ доходить до  $39'$  и имѣетъ наибольшую величину въ четырехъ точкахъ, которыя лежатъ какъ-разъ посрединѣ между сизніями и квадратурами, то-есть въ четырехъ октантахъ, тогда какъ въ сизніяхъ и квадратурахъ она равна нулю. Отсюда слѣдуетъ, что періодъ этого возмущенія равенъ  $14,8$  днямъ, то-есть половинѣ синодическаго мѣсяца (часть II, § 100). Даже безъ чертежа нетрудно сообразить, что вълѣдствіе солнечнаго притяженія тангенціальная скорость луны то уменьшается, то возрастаетъ, и что такія же измѣненія, только въ другихъ частяхъ орбиты, происходятъ также подъ дѣйствіемъ на луну силы земнаго притяженія. Результатомъ соединеннаго дѣйствія этихъ двухъ тѣлъ и является упомянутое только-что явленіе, состоящее въ томъ, что въ октантахъ положеніе луны сильнѣе всего отклоняется отъ того мѣста, которое она занимала бы при отсутствіи солнечнаго притяженія.

§ 49. III. **Болѣе мелкія возмущенія луннаго движенія.** Третье болѣе или менѣе значительное неравенство въ движеніи луны, пзвѣстное подъ именемъ годоваго уравненія, также было открыто Тихо де-Браге. Вълѣдствіе этого возмущенія въ теченіе шести мѣсяцевъ долгота луны увеличивается, а въ теченіе другихъ шести уменьшается, причѣмъ насколько въ первомъ случаѣ она увеличилась, настолько же во второмъ она уменьшилась. При среднемъ разстояніи солнца отъ земли, то-есть въ началѣ апрѣля и въ началѣ октября, это неравенство, имѣющее годовую періодъ, равно нулю.

Возмущеніе это происходитъ отъ того, что земля описываетъ вокругъ солнца эл-

лишь, а не кругъ, вслѣдствіе чего въ концѣ декабря (въ перигелии) она выстѣтъ съ луной находится гораздо ближе къ солнцу, чѣмъ въ концѣ іюня (въ афелии), и понятно, что возмущающее дѣйствіе солнца на луну гораздо значительнѣе въ первую изъ этихъ эпохъ, чѣмъ во вторую. Исследования и вычисления этихъ возмущеній показываютъ, что дѣйствіе солнца выражается въ томъ, что притягательная сила земли на луну какъ бы уменьшается, а время оборота луны увеличивается, т.-е. при отсутствіи солнечныхъ неравенствъ время оборота луны было бы короче, чѣмъ на самомъ дѣлѣ. Это замедляющее дѣйствіе по только-что указанной причинѣ сильнѣе тогда, когда земля находится въ перигелии, и слабѣе тогда, когда она находится въ афелии; другими словами, время оборота луны вокругъ земли зимой продолжительнѣе, а лѣтомъ, наоборотъ, короче, чѣмъ въ среднее время обращенія. Это-то неравенство и называется годовымъ уравненіемъ.

Это суть три наиболѣе значительныя возмущенія лунной долготы. Благодаря ихъ значительной величинѣ и благодаря короткимъ періодамъ, во теченіи которыхъ они снова принимаютъ прежнюю величину, они были открыты еще нашими предшественниками, несмотря на ихъ несовершенные инструменты, но объясненіе этихъ неравенствъ было дано только послѣ открытія закона всемірнаго тяготѣнія и послѣ рѣшенія задачи о трехъ тѣлахъ (§ 45). Но кромѣ трехъ вышеупомянутыхъ возмущеній въ движеніи луны существуетъ много другихъ, которыя по величинѣ гораздо меньше предыдущихъ, но знаніе которыхъ для насъ необходимо, если мы желаемъ установить точную теорію движенія луны и затѣмъ воспользоваться ею, наиримѣръ, для опредѣленія географическихъ долготъ. Теорія возмущеній даетъ намъ общій видъ этихъ неравенствъ, абсолютную же ихъ величину отчасти еще и теперь мы можемъ найти не иначе, какъ изъ наблюденій, несмотря на колоссальный трудъ, затраченный на улучшеніе лунныхъ таблицъ многими учеными, въ числѣ которыхъ мы встрѣчаемъ имена Эйлера, Клеро, Даламбера (1750), Тобиаса Майера (1770), Бурга (1806), Бурхардта (1812), Демуазо (1824) и др. Даже новѣйшія лунныя таблицы, составленныя Ганзеномъ съ необыкновенной аккуратностью и большимъ знаніемъ дѣла и вначалѣ (1850—1860) довольно хорошо согласовавшіяся съ дѣйствительнымъ положеніемъ луны, стали затѣмъ все болѣе и болѣе расходиться съ наблюденіями и, въ концѣ концовъ, эти отклоненія достигли такой величины, что оказалось необходимымъ придать къ таблицамъ Ганзена эмпирическія поправки, что и было исполнено Эри, Ньюкомбомъ и другими. Почти одновременно съ Ганзеномъ важныя исследования, касающіяся теоріи луннаго движенія, были обнародованы астрономомъ Делоне.

§ 50. **Опредѣленіе солнечнаго параллакса и сжатія земли изъ возмущеній луны.** Самое важное и самое значительное изъ упомянутыхъ въ предыдущемъ параграфѣ болѣе мелкихъ возмущеній луны есть такъ называемое параллактическое неравенство. Оно происходитъ отъ того, что во время новолунія солнце всегда нѣсколько сильнѣе измѣняетъ разстояніе между луной и землей, чѣмъ во время полнолунія. Отношеніе притяженія солнца въ этихъ двухъ случаяхъ зависитъ, конечно, отъ отношенія разстоянн луны и солнца отъ земли; а такъ какъ это отношеніе равно, какъ извѣстно, отношенію горизонтальныхъ параллаксовъ солнца и луны, то и соответствующее возмущеніе называется параллактическимъ неравенствомъ. Легко видѣть, что если изъ наблюденій найдена величина параллактическаго неравенства, и если, кромѣ того, намъ извѣстно соотношеніе, связывающее это неравенство съ отношеніемъ разстояній солнца и луны до земли, что, между прочимъ, выводится въ аналитической теоріи возмущеній, то можно вычислить отношеніе солнечнаго параллакса къ лунному, а, принимая этотъ послѣдній извѣстнымъ, найти и разстояніе солнца отъ земли. Этотъ способъ опредѣленія солнечнаго параллакса, который впервые былъ съ успѣхомъ испытанъ Лэпласомъ, вслѣдствіе довольно большой величины параллактическаго неравенства былъ бы однимъ изъ лучшихъ, если бы опредѣленіе этого

неравенства не было связано съ цѣлымъ рядомъ трудностей, которыя обусловливаются, главнымъ образомъ, иррадіаціей (часть I, § 122) Параллактическое неравенство, какъ показали тщательныя изслѣдованія Гавлена, Эри, Стона, Ньюкомба, Кемпбелля, Нейсона и другихъ, едва ли можетъ сильно отличаться отъ  $125.6''$ , что даетъ для солнечнаго параллакса величину  $8.85''$ , то-есть почти такую же, какая была найдена на основаніи различныхъ другихъ способовъ (ср. часть II, § 57).

Подобное же неравенство луны содержитъ въ своемъ коэффициентѣ сжатіе земли. Наблюденія показываютъ, что наибольшая величина этого возмущенія по долготѣ равна  $6.8''$ , откуда сжатіе получается равнымъ  $1/305$  (ср. часть I, § 13, III). Точно такимъ же образомъ по возмущеніямъ лунной широты сжатіе земли получается равнымъ  $1/304$ . Получаемое этимъ путемъ сжатіе земли совершенно не зависитъ отъ неправильности земной поверхности и отъ распрежденія плотностей внутри земли, чего нельзя сказать объ опредѣленіяхъ сжатія на основаніи градусныхъ измѣреній или изъ наблюденій надъ маятниками маятниковъ.

На основаніи несложныхъ теоретическихъ соображеній, пользуясь результатами градусныхъ измѣреній и зная длину секунднаго маятника, можно опредѣлить параллаксъ луны; слѣдовательно, и наоборотъ, зная длину секунднаго маятника и параллаксъ луны, можно найти величину земнаго радіуса. Но для опредѣленія луннаго параллакса нѣтъ необходимости перемѣнять мѣсто наблюденія или устраивать наблюдательныя станиці на большомъ разстояніи другъ отъ друга: для этого достаточно просто наблюдать луну въ одномъ и томъ же мѣстѣ на различныхъ высотахъ надъ горизонтомъ (часть I, § 41).

Такимъ образомъ, астрономъ изъ простаго сравненія теории съ произведенными на его обсерваторіи наблюденіями можетъ опредѣлить не только размѣры земли, но также ее видъ и даже разстояніе ея отъ луны и отъ солнца. Все сказанное ясно показываетъ намъ, въ какой тѣсной связи находится все небесныя явленія между собой, а также съ великимъ закономъ всемірнаго тяготѣнія; съ другой стороны, луна, съ ея многочисленными, перепутанными другъ съ другомъ возмущеніями, является особенно удобной какъ для выясненія этой зависимости, такъ и для доказательства необыкновеннаго могущества математическаго анализа, этого истиннаго драціоннаго инструмента, безъ котораго гений человѣка не могъ бы проникнуть въ такую глубину и открыть дивную гармонію тамъ, гдѣ царитъ, повидимому, полный беспорядокъ.

§ 51. **Періодическія и частныя возмущенія планетъ.** Переходя отъ лунныхъ возмущеній къ періодическимъ неравенствамъ планетъ, напомнимъ, что періодическими возмущеніями называются такія, которыя зависятъ отъ взаимнаго расположенія планетъ на ихъ орбитахъ и которыя, слѣдовательно, по истеченіи извѣстнаго промежутка времени снова принимаютъ свою прежнюю величину. Аналитически они выражаются періодическими функциями, величина которыхъ мѣняется лишь въ тѣсныхъ предѣлахъ, такъ какъ на основаніи предыдущаго въ нашей планетной системѣ возмущенія никогда не достигаютъ значительной величины. Такими функциями являются синусъ и косинусъ нѣкоторыхъ угловъ, причѣмъ эти углы образуются изъ разностей долготъ возмущающей и возмущаемой планетъ и изъ разностей долготъ перигелиевъ обѣихъ орбитъ, такъ какъ относительное положеніе и разстояніе двухъ планетъ можетъ быть выражено именно при помощи этихъ величинъ.

Аналитическое выраженіе періодическихъ возмущеній для большихъ планетъ впервые было дано Лапласомъ въ его «Небесной механикѣ», гдѣ онъ развилъ свои формулы до такой полноты, что позднѣйшіе математики прибавили лишь очень немногое. Поэтому выраженія, данныя Лапласомъ, въ сущности еще до сихъ поръ служатъ основнымъ для составленія разнаго рода таблицъ, пользуясь которыми безъ труда можно вычислить для любого момента точное положеніе каждой планеты. Самыя лучшія таблицы для четырехъ

внутренних планетъ (Меркурія, Венеры, Земли и Марса) были составлены въ 1895 г. Ньюкомбомъ, который далъ также наиболее точныя таблицы для Урана и Нептуна; для Юпитера же и Сатурна лучшія таблицы даны французскимъ астрономомъ Леверье. Для малыхъ планетъ до самаго послѣдняго времени не было такихъ таблицъ, такъ какъ значительныя эксцентриситеты и наклонности ихъ орбитъ, а также частое приближеніе астероидовъ къ могучей планетѣ—Юпитеру представляютъ очень большія затрудненія для точнаго развитія теории ихъ движенія. Ганзель, а послѣ него, главнымъ образомъ, Гюльденъ научили астрономовъ преодолевать эти затрудненія, и мы имѣемъ теперь полныя таблицы для Ириса, Флоры, Эгеріи и другихъ астероидовъ. Обыкновенно же для этихъ небесныхъ тѣлъ постуляютъ слѣдующимъ образомъ: прежде всего опредѣляютъ для даннаго момента тотъ эллипсъ, который касается истинной орбиты планеты, и который эта планета начала бы описывать, если бы на нее перестали дѣйствовать остальные планеты; затѣмъ опредѣляютъ измѣненія элементовъ этого эллипса, т.-е. величины такъ называемыхъ частныхъ возмущеній за промежутокъ отъ даннаго момента до какой-нибудь другой эпохи, для которой опять находятъ соприкасающіеся или такъ называемый оскуливирующій эллипсъ.

§ 52. **Большое неравенство въ движеніи Юпитера и Сатурна.** Изъ периодическихъ возмущеній планетъ особенно замѣчательны неравенства, которыя существуютъ въ движеніи двухъ самыхъ большихъ планетъ нашей системы Юпитера и Сатурна. Еще Галлей замѣтилъ, что время обращенія Сатурна со время Гиппарха (140 г. до Р. Хр.) до времени Ньютона увеличилось, а время обращенія Юпитера, наоборотъ, уменьшилось, другими словами, среднее движеніе Сатурна за это время замедлилось, а среднее движеніе Юпитера ускорилося. Это открытіе было тѣмъ замѣчательнѣе, что для всѣхъ остальныхъ планетъ время обращенія получило совершенно одинаковымъ какъ изъ старыхъ, такъ и изъ новыхъ наблюденій; да, кромѣ того, и теорія насъ учить, что этотъ элементъ планетныхъ орбитъ долженъ оставаться постояннымъ.

Эйлеръ первый старался изслѣдовать это удивительное явленіе при помощи математическаго анализа. И, дѣйствительно, въ результатъ онъ нашелъ замедленіе одной изъ планетъ и ускореніе для другой, но такъ какъ по его теоріи въ обоихъ случаяхъ получались одинаковыя величины, что не согласовалось съ наблюденіями, то объясненіе этого явленія, данное имъ, нельзя считать удовлетворительнымъ. Нѣсколько позже Лагранжъ тоже занимался этимъ труднымъ и интереснымъ вопросомъ, но опять безуспѣшно. Какъ только-что названные, такъ и многіе другіе знаменитые геометры искали причину такой неправильности то въ сопротивленіи воздуха, въ которомъ движутся планеты, то въ возмущеніяхъ, вызываемыхъ кометами, то въ предположеніи, что сила тяготѣнія требуетъ нѣкотораго времени для распространенія отъ солнца до отдаленныхъ отъ него планетъ и т. д. Правда, такія предположенія послужили поводомъ къ другимъ не менѣе важнымъ открытіямъ; однако, они не могли разъяснить того вопроса, который собственно являлся предметомъ изысканій.

Въ концѣ восемнадцатаго столѣтія Ламбергъ, сравнивалъ свои наблюденія надъ Сатурномъ и Юпитеромъ съ тѣми, которыя были произведены датскимъ астрономомъ Тихо, получивъ, къ еще большому изумленію астрономовъ, результатъ, совершенно противорѣчащій открытію Галлея; а именно онъ нашелъ, что среднее движеніе Сатурна со времени Тихо-де-Браге ускорилося, а среднее движеніе Юпитера, наоборотъ, замедлилася. Это открытіе заставило многихъ усомниться въ существованіи такого неравенства въ движеніи этихъ планетъ и приписать найденныя измѣненія среднихъ движеній неточности древнихъ наблюденій. Оцѣнъ только Лапласъ, основываясь на этомъ удивительномъ противорѣчьи, заподозрилъ существованіе возмущенія очень долгаго периода: онъ полагасть, что движеніе обѣихъ планетъ попеременно то ускоряется въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій, то снова

замедляется. Чтобы выяснить причину этого неравенства, онъ долженъ былъ въ выраженіи взаимныхъ возмущеній планетъ къ главнѣйшимъ, наиболее значительнымъ членамъ бесконечнаго ряда, которыми, согласно съ вышесказаннымъ (§ 44), до сихъ поръ представлялись эти выраженія, прибавить еще нѣсколько слѣдующихъ членовъ и посмотреть, не получается ли въ этомъ случаѣ возмущенія очень долгаго періода, которыя бы объясняли найденныя изъ наблюдений несправильности въ движеніи обѣихъ планетъ.

При этихъ трудныхъ изслѣдованіяхъ онъ подтвердилъ другое важное открытіе, слѣланное нѣсколько раньше. А именно изъ аналитическаго выраженія возмущеній, разложенныхъ въ рядъ, непосредственно слѣдуетъ, что нѣкоторые члены этого ряда принимаютъ очень значительную величину во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда времена оборотовъ, или, что то же самое, средняя суточные движенія обѣихъ планетъ, относятся между собою приблизительно какъ два цѣлыя числа. Этотъ случай какъ-разъ имѣетъ мѣсто для Юпитера и Сатурна, такъ какъ время обращенія Юпитера равно 4332,6, а время обращенія Сатурна 10759,2 суткамъ, и, слѣдовательно, времена оборотовъ этихъ двухъ планетъ относятся между собой приблизительно какъ цѣлыя числа 2 и 5. Имѣя въ виду это обстоятельство, Лапласъ послѣ обширныхъ изысканій, нашелъ, что, дѣйствительно, въ возмущеніяхъ, испытываемыхъ Сатурномъ со стороны Юпитера, существуетъ членъ, который можетъ достигать 49'; этому члену въ возмущеніяхъ Юпитера со стороны Сатурна соответствуетъ совершенно подобный же членъ, наибольшая величина котораго составляетъ 20'. Періодъ этихъ возмущеній для обѣихъ планетъ равенъ приблизительно 930 годамъ, и, кромѣ того, эти неравенства таковы, что каждый разъ, какъ среднее движеніе одной изъ планетъ ускоряется, среднее движеніе другой замедляется. Все это до такой степени согласовалось со всѣми древними и новыми наблюдениями, что болѣе не могло уже оставаться никакого сомнѣнія въ справедливости такого объясненія этого, столь загадочнаго раньше, явленія.

Въ 1560 году оба возмущенія достигли своей наибольшей величины, и въ эту эпоху Сатурнъ обладалъ самымъ медленнымъ движеніемъ, а Юпитеръ наиболее быстрымъ. Послѣ этого средняя движенія обѣихъ планетъ приближались все болѣе и болѣе къ среднимъ ихъ величинамъ, которыя они достигли въ 1790 году. Поэтому вполне понятно разногласіе результатовъ, полученныхъ Галлеемъ и Ламбертомъ, которые сравнивали наблюдения, произведенныя въ такія эпохи, когда обѣ планеты находились въ совершенно различныхъ отношеніяхъ къ ихъ среднимъ движеніямъ. Если бы возрожденіе наукъ въ Европѣ совершилось на 500 лѣтъ позже, то наблюдения обнаружили бы явленіе, совершенно обратное тому, которое было открыто Галлеемъ. Астрономическія таблицы индусовъ, восходящія по мнѣнію этого народа къ весьма глубокой древности, ясно показываютъ намъ, что онѣ были составлены въ то время, когда Сатурнъ обладалъ самымъ медленнымъ движеніемъ, а Юпитеръ наиболее быстрымъ, и это позволяетъ намъ точно опредѣлить время составленія этихъ таблицъ. Принимая, кромѣ того, во вниманіе эксцентриситеты, которые даны въ этихъ таблицахъ для нѣкоторыхъ планетъ, Лапласъ показалъ, что, по всей вѣроятности, названныя таблицы составлены въ началѣ XVI-го столѣтія послѣ Р. Хр. по образцу европейскихъ таблицъ, а не восходятъ къ сороковому столѣтію до эпохи нашего лѣтосчисленія, какъ утверждаютъ это индусы.

## Г Л А В А VI.

### В ѣ к о в ы я в о з м у щ е н і я .

§ 53. Вѣковыя возмущенія луны, движеніе линіи узловъ. Въ началѣ предыдущей главы было уже замѣчено, что вѣковыми возмущеніями планетъ называются тѣ, которыя испытываютъ подъ дѣйствіемъ различныхъ планетъ не столько сами планеты, сколько ихъ орбиты.

Мы здѣсь разсмотримъ сначала въковыя возмущенія луны. Вообще очевидно, что нашъ спутникъ, движущийся по орбитѣ, наклоненной подъ угломъ въ  $5^\circ$  къ эклиптикѣ, подъ вліяніемъ лежащаго въ плоскости эклиптики солнца, долженъ самъ приближаться къ этой плоскости. Это приближеніе луны къ эклиптикѣ, очевидно, имѣетъ мѣсто всегда съ какой бы стороны эклиптики, сѣверной или южной, она ни находилась; вследствие этого луна пересѣкаетъ плоскость эклиптики постоянно нѣсколько раньше того момента, въ который она пересѣкала бы ее, если бы не существовало солнечнаго притяженія. Другими словами, узлы лунной орбиты (часть II, § 100) перемѣщаются по направленію, обратному движенію луны, и такъ какъ луна движется вокругъ земли съ запада на востокъ, то узлы ея орбиты перемѣщаются съ востока на западъ, т.-е. обладаютъ обратнымъ движеніемъ. По величинѣ это движеніе мѣняется въ зависимости отъ разстояній солнца и земли отъ луны: наибольшей величины оно достигаетъ во время сизигій, а наименьшей во время квадратуръ. Въ среднемъ время обращенія узловъ лунной орбиты относительно звѣздъ, г.-е. сидерическій оборотъ линіи узловъ (часть I, § 84), равно 6793 днямъ, или 18,6 годамъ, а время обращенія самой луны относительно ея узловъ, т.-е. то время, которое протекаетъ между двумя послѣдовательными прохожденіями луны черезъ одинъ и тотъ же узелъ, равно 27,212 днямъ; этотъ промежутокъ времени обыкновенно называютъ драконическимъ мѣсяцемъ (часть II, § 100).

§ 54. Движеніе линіи апсидъ лунной орбиты. Разстояніе луны отъ земли подъ вліяніемъ солнечнаго притяженія то уменьшается, то снова увеличивается; вследствие этого происходитъ измѣненіе въ положеніи большой оси лунной орбиты: эта ось перемѣщается въ томъ же направленіи, въ которомъ совершается движеніе солнца, т.-е. съ запада на востокъ. Наблюденія показываютъ, что въ годъ линіи апсидъ перемѣщаются относительно неподвижныхъ звѣздъ на  $40,69^\circ$ . Отсюда слѣдуетъ, что время сидерическаго оборота линіи апсидъ луны равно 3233 днямъ, или 8,85 годамъ, а время обращенія самой луны относительно линіи апсидъ равно 27,555 днямъ; послѣдній промежутокъ времени обыкновенно называютъ аномалистическимъ мѣсяцемъ. Впрочемъ, это движеніе подвержено нѣкоторымъ неравенствамъ, которыя зависятъ отъ положенія солнца относительно земли и луны.

Геометры восемнадцатаго столѣтія много занимались движеніемъ линіи апсидъ лунной орбиты. Еще Ньютонъ старался вывести это движеніе изъ закона всемирнаго тяготѣнія, но онъ получалъ для него величину почти вдвое меньшую въ сравненіи съ той, которую даютъ наблюденія. Позже Клеро, продѣлавъ самымъ тщательнымъ образомъ весьма сложныя математическія выкладки, получалъ почти тотъ же результатъ, что и Ньютонъ, познанныя изслѣдованія Эйлера и Д'Аламбера, по тому, также подтвердили этотъ результатъ. Это было, такимъ образомъ, первый случай, гдѣ теорія расходилась съ наблюденіями, и гдѣ, слѣдовательно, законъ всемирнаго тяготѣнія, повидимому, оказался недостаточнымъ для объясненія небесныхъ явленій. Встрѣтивъ такое несогласіе, Клеро, несмотря на свое рѣшое остроуміе, пытался въ основаніе своихъ разсужденій положить другой законъ природы, болѣе сложный, чѣмъ тотъ, который былъ открытъ Ньютономъ; но потомъ онъ замѣтилъ, что въ прежнихъ своихъ разсужденіяхъ онъ недостаточно точно раздѣлъ математическія выкладки, и когда онъ вторично съ большимъ вниманіемъ продѣлалъ свои вычисленія, то нашелъ, что и здѣсь теорія вполне согласна съ наблюденіями. После Клеро, Эйлеръ и Д'Аламберъ вполне подтверждали полученные имъ результаты, такимъ образомъ, то явленіе, объяснить которое закономъ всемирнаго тяготѣнія раньше считали невозможнымъ, теперь оказалось самымъ лучшимъ доказательствомъ справедливости этого закона. Истина нѣмъ и отличается, что какъто новое препятствіе, которое воздвигается, повидимому, противъ нея, служить, въ концѣ концовъ, для новаго ея торжества.

§ 55. Наглядное представленіе движенія линіи апсидъ лунной орбиты. Дви-



женія линіи апсидъ и линіи узловъ вызываютъ наиболѣ сильныя измѣненія того пути, который описывала бы луна вокругъ земли, если бы элементы ея орбиты не подвергались никакимъ возмущеніямъ. Постараемся наглядно представить себѣ движеніе линіи апсидъ, не принимая во вниманіе ни тѣхъ возмущеній, о которыхъ мы говорили выше (§§ 47—49), ни тѣхъ, о которыхъ еще будетъ рѣчь впереди. Въ такомъ случаѣ путь луны можно представить такъ, какъ это изображено на рисункѣ 265. Въ этомъ видѣ путь луны представился бы наблюдателю, находящемуся высоко надъ землею, занимающей на рисункѣ положеніе *E*. Мы оставляемъ, такимъ образомъ, въ сторонѣ то обстоятельство, что луна движется не въ плоскости эклиптики, а въ плоскости, наклоненной къ ней подъ небольшимъ угломъ; и, кромѣ того, на время мы допускаемъ, что земля остается неподвижною въ пространствѣ. Прослѣдимъ же теперь за движеніемъ нашего спутника по этой фиктивной орбитѣ, подчиненной вышеуказаннымъ условіямъ.

Пусть вначалѣ луна занимаетъ положеніе 1 на лѣвой вѣршинѣ части рисунка 265, и пусть въ этомъ положеніи она находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли. Луна

движется по направленію 1, 1, 1 и т. д. в, наконецъ, приходитъ въ положеніе 2, причемъ въ этомъ случаѣ она находится на кратчайшемъ разстояніи отъ земли. Первое положеніе, обозначенное цифрою 1, называется апогеемъ, первая же точка съ номеромъ 2 называется перигеемъ. Отсюда видно, что перигей и апогей не лежатъ на одной прямой, и луна должна совершить нѣсколько больше половины полного оборота, чтобы изъ апогея прійти въ перигей; точно также, если мы будемъ слѣдить за движеніемъ луны по линіи 2, 2, 2 и т. д., то найдемъ, что луна совершить нѣсколько больше половины своего оборота, чтобы

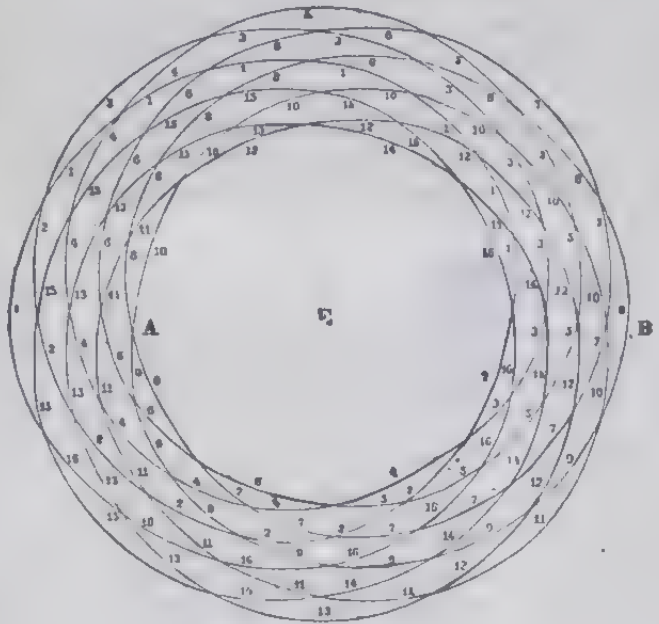


Рис. 265.

изъ перигея снова перейти въ апогей. Идя по направленію чиселъ въ ихъ возрастающемъ порядкѣ, мы прослѣдимъ весь путь луны и всѣ перигей и апогей, въ которые послѣдовательно приходитъ нашъ спутникъ. Совершивъ 8 полныхъ оборотовъ, луна снова придетъ въ апогей 1, причемъ въ теченіе этого промежутка времени она должна была находиться 8 разъ въ наибольшемъ удаленіи отъ земли и столько же разъ въ наименьшемъ.

Только-что описанныя явленія дѣйствительно имѣли бы мѣсто, если бы луна двигалась въ плоскости эклиптики и описывала вокругъ неподвижной земли эллипсъ, ось котораго перемѣщалась бы въ томъ же самомъ направленіи, какъ и луна. Такимъ образомъ, въ предыдущемъ изложеніи мы объяснили измѣненія положенія луны въ эклиптикѣ, вызываемыя движеніемъ линіи апсидъ.

При болѣе точномъ представленіи луннаго движенія мы должны были бы вообразить, что земля *E*, занимающая центръ рис. 265, въ свою очередь, описываетъ кругъ около солнца, въ такомъ случаѣ нити, составляющія сѣть рис. 265, намъ слѣдовало бы изобразить разгнущеными вдоль по земной орбитѣ. Но при томъ маломъ масштабѣ, которымъ мы здѣсь

пользуемся, намъ совершенно невозможно изобразить на чертежѣ такой путь луны, даже оставая въ сторонѣ измѣненія лунныхъ широтъ. Но читатель самъ легко можетъ сдѣлать себѣ наглядный рисунокъ, если онъ приметъ въ соображеніе слѣдующее. Радиусъ лунной орбиты составляетъ  $\frac{1}{400}$  часть радиуса земной орбиты, если и ту и другую считать круговыми. Въ теченіе года, т.-е. за тотъ промежутокъ времени, въ который земля описываетъ свой кругъ, луна совершаетъ почти 13 полныхъ оборотовъ вокругъ земли. Поэтому, если на чертежѣ кругъ, радиусъ котораго равенъ, напримѣръ, одному метру, считать за орбиту земли и раздѣлить его на 13 равныхъ частей, то за время, въ теченіе котораго луна совершитъ свой полный оборотъ вокругъ земли, послѣдняя пройдетъ всего отъ одного дѣленія круга до слѣдующаго; одна половина луннаго пути будетъ лежать передъ земной орбитой относительно солнца, другая за этой орбитой, причемъ луна никогда не можетъ удалиться отъ земли больше, чѣмъ на  $\frac{1}{400}$  радиуса круга, описываемаго землей вокругъ солнца; на рисунокѣ это разстояніе будетъ равно  $\frac{1}{400}$  метра или 2,5 миллиметра, и, такимъ образомъ, дѣйствительная орбита луны представится змѣвидной линіей, выпуклостью которой всегда обращена къ солнцу.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію движенія луны по широтѣ. Не трудно понять, что на рис. 265, расположенномъ, по предположенію, въ плоскости эклиптики, изображены тѣ точки, надъ которыми или подъ которыми находилась въ опредѣленные моменты луна при своемъ движеніи. Слѣдовательно, мы должны принять теперь во вниманіе еще возвышеніе или пониженіе луны относительно плоскости эклиптики. Съ этой цѣлью мы опять для простоты будемъ считать землю неподвижной и на рис. 266 представимъ тотъ ци-

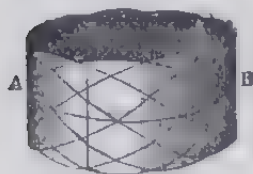


Рис. 266.

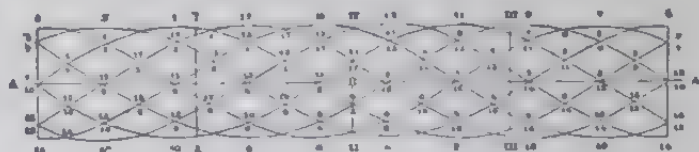


Рис. 267.

линдръ, по поверхности котораго двигалась бы луна при измѣненіи ея широты и при неподвижности центра земли. На рис. 267 этотъ цилиндръ представленъ разпернутымъ на плоскость, перпендикулярную къ эклиптикѣ. Большія буквы *A* и *B* на рисункахъ 266 и 267 обозначаютъ тѣ же самыя точки, что и на чертежѣ 265, и, слѣдовательно, линія *АВА* представляетъ собою эклиптику; цифры на рис. 267 соответствуютъ тѣмъ же самымъ цифрамъ на рис. 266. Крайнія линіи 3—14 съ обѣихъ сторонъ рис. 267 должны совпасть, если мы изъ этого рисунка снова образуемъ цилиндрическое кольцо, и въ этомъ случаѣ вертикальныя прямыя I, II, III раздѣлятъ все кольцо на четыре части.

Если мы будемъ теперь идти, какъ и на рис. 265, по направленію возрастающихъ широтъ, то мы получимъ полное представленіе о лунной орбитѣ. Начнемъ съ восходящаго узла 1 \*). Легко видѣть, что наибольшей высоты надъ эклиптикой луна достигаетъ раньше, чѣмъ она успѣла совершить четверть своего оборота, точно также въ нисходящемъ узлѣ 2 она будетъ прежде, чѣмъ опишетъ половину своего пути, а въ восходящій узелъ 3 она придетъ тогда, когда еще не окончена ея полный оборотъ и т. д. Отсюда слѣдуетъ, что періодъ, въ теченіе котораго луна снова приходитъ въ восходящій узелъ, короче времени ея полного оборота, такъ что, если бы какая-нибудь звѣзда двигалась равномерно по

\*) Неисходимо помнить, что узломъ орбиты называется точка пересѣченія орбиты съ эклиптикой или, на рис. 267, съ линіей *АВА*.

эклиптикѣ в одно время съ луной проходила черезъ ея узлы, то время между двумя послѣдовательными покрываніями этой лунной фазы было бы короче половины времени обращенія луны вокругъ земли. Совершивъ восемь полныхъ оборотовъ, луна снова придетъ въ ту точку эклиптики, которая обозначена на нашемъ рисункѣ цифрой 1, и за это время она 17 разъ пройдетъ черезъ свои узлы.

Такимъ образомъ, чтобы ясно себѣ представить измѣненія лунной широты, мы должны помнить, что луна движется не въ плоскости эклиптики, какъ мы допускали раньше, но находится то надъ эклиптикой, то подъ нею, такъ что плоскость лунной орбиты пересѣкаетъ плоскость эклиптики по прямой линіи, проходящей черезъ точку *E* (рис. 265). И въ то время какъ луна описываетъ вокругъ земли эллипсъ, который вращается въ своей плоскости, что равносильно, какъ мы выше объяснили, движению апогея и перигея лунной орбиты, линія узловъ лунной орбиты должна также вращаться около точки *E* въ сторону, противоположную движению луны, съ востока на западъ. Отсюда становится понятнымъ выраженіе: обратное движеніе узловъ. Кроме того, наибольшія широты луны съ теченіемъ времени нѣсколько мѣняются, и это происходитъ отъ того, что эллипсъ совершаетъ небольшія колебанія около линіи узловъ: онъ то приближается къ эклиптикѣ, то удаляется отъ нея, причемъ періодъ такого колебанія равенъ приблизительно одному мѣсяцу.

Въ общемъ, если бы мы въ крупномъ масштабѣ изобразили все малѣйшія неравенства въ движеніи луны, мы легко убѣдились бы, что орбита луны въ действительности представляеть необыкновенно запутанную и еще гораздо болѣе сложную кривую, чѣмъ та, о которой рѣчь шла выше.

§ 56. Ускореніе средняго движенія. Среднее движеніе луны представило астрономамъ еще большія трудности, чѣмъ движеніе лунныя апсиды. Мы уже выше (§ 52) упоминали, что на основаніи теоретическихъ изслѣдованій времена обращенія планетъ вокругъ солнца или спутниковъ вокругъ ихъ планетъ должны оставаться постоянными, т. е. не должны мѣняться съ теченіемъ времени. Но по третьему закону Кеплера, между временемъ оборота планеты и большой осью ея орбиты существуетъ тѣсная зависимость, позволяющая одну изъ этихъ величинъ выразить черезъ другую; отсюда слѣдуетъ, что большія оси планетныхъ орбитъ можно считать также неизмѣняющимися съ теченіемъ времени.

Иначе дѣло обстоитъ съ луной. Въ этомъ случаѣ, какъ и раньше (§ 52), для двухъ большихъ планетъ нашей системы, Галлей первый замѣтилъ, что періодъ обращенія луны вокругъ земли со временемъ грековъ, т. е. съ 200-го года до Р. Хр., постепенно становился все короче и короче, а среднее движеніе луны, слѣдовательно, постоянно ускорялось.

Это удивительное явленіе долгое время смущало астрономовъ, такъ какъ они не могли найти его причину. Они искали ее въ дѣйстви планетъ, въ уклоненіяхъ земли и луны отъ шарообразной формы, въ сопротивленіи эфиръ, въ неименованномъ распространеніи силы всемірнаго тяготѣнія и т. д. Понѣмное предположеніе сдѣлалъ Лапласъ, при этомъ онъ пришелъ къ заключенію, что если сила тяготѣнія распространяется со скоростью, въ 7680000 превосходящую скорость свѣта, то ускореніе луны действительно можетъ быть этимъ объяснено. Однако, онъ не удовлетворился такимъ объясненіемъ, потому онъ снова обратился къ этому предмету и, наконецъ, въ 1787 году нашелъ настоящую причину этого явленія. Одновременно съ Лапласомъ этимъ вопросомъ занимался также Лавуазьѣ, и если бы онъ нѣкоторыя изъ уравненій, полученныхъ имъ для вѣковыхъ возмущеній элементовъ планетныхъ орбитъ, применилъ не только къ Юпитеру и Сатурну, гдѣ вѣковое ускореніе незначительно, но и къ лунѣ, то онъ могъ бы сдѣлать это открытіе двумя годами раньше Лапласа.

Причина этого явленія заключается въ томъ, что эксцентриситетъ земной орбиты, согласно съ теоретическими изслѣдованіями, начиная съ историческихъ временъ, постоянно

все уменьшается, большая же ось орбиты остается неизвѣнной, такъ что эллиптическій путь земли постепенно приближается къ круговому, вслѣдствіе чего дѣйствіе земли на движеніе луны возрастаетъ. Кромя того, дѣйствіе солнца на луну находится въ зависимости отъ разстоянія земли отъ солнца, но это послѣднее разстояніе зависитъ отъ эксцентриситета земной орбиты и будетъ тѣмъ больше, чѣмъ эксцентриситетъ меньше; слѣдовательно, дѣйствіе солнца на луну будетъ уменьшаться, и она будетъ приближаться къ землѣ. Если бы это приближеніе луны къ землѣ продолжалось безостановочно, то, въ концѣ концовъ, она упала бы на землю; однако, намъ нечего опасаться столь гибельнаго исхода, потому что математическій анализъ показываетъ намъ, что эксцентриситетъ земной орбиты не будетъ уменьшаться все время, а по истеченіи нѣкотораго періода начнетъ снова увеличиваться, такъ что его измѣненія заключены въ извѣстныхъ предѣлахъ. Періодъ, въ теченіе котораго эксцентриситетъ отъ наибольшей своей величины переходитъ къ наименьшей и обратно, охватываетъ много тысячелѣтій, но точно опредѣлить его въ настоящее время невозможно, такъ какъ намъ неизвѣстны со всею необходимою точностью массы планетъ. Насколько теперь можно судить, эксцентриситетъ земной орбиты началъ убывать за 11000 лѣтъ до Р. Хр., и это убываніе будетъ еще продолжаться до 23000 г. послѣ этой эпохи (см. § 60). Затѣмъ этотъ эксцентриситетъ станетъ возрастать, вслѣдствіе чего разстояніе луны отъ земли начнетъ увеличиваться. Выше (§ 27) мы уже говорили о томъ интересномъ обстоятельстве, что теорія даетъ для ускоренія луны величину меньшую, чѣмъ того требуютъ наблюденія.

§ 57. **Вѣковыя возмущенія въ движеніи линіи апсидъ и линіи узловъ.** Теорія показываетъ, что упомянутыя выше (§§ 53 и 54) движенія линіи апсидъ и линіи узловъ лунной орбиты подвержены подобнымъ же возмущеніямъ, зависящимъ отъ той же самой причины, какъ и только-что разсмотрѣнное возмущеніе въ среднемъ движеніи луны. Въ то время, какъ среднее движеніе луны по ея орбитѣ становится съ теченіемъ времени все быстрее и быстрее, движеніе перигея и линіи узловъ все замедляется и притомъ первое на  $50''$  въ столѣтіи, а второе на  $7''$ . Такъ какъ эти измѣненія съ теченіемъ времени суммируются, то черезъ нѣсколько сотъ лѣтъ ихъ можно будетъ опредѣлить съ довольно значительною точностью. Со временемъ долгота узла лунной орбиты измѣнится на цѣлыхъ  $9^\circ$ , а долгота перигея даже на  $30^\circ$ , и это даетъ нашимъ потомкамъ возможность опредѣлить съ большою точностью незначительныя измѣненія эксцентриситета земной орбиты, которыя въ лунной орбитѣ, какъ въ огромномъ вогнутомъ зеркалѣ, отразятся въ весьма увеличенномъ видѣ. Со времени грековъ до нашихъ дней долгота луннаго узла измѣнилась уже на  $2^\circ$ , а долгота перигея на  $6,6^\circ$ , тогда какъ за то же самое время уравненіе орбиты (часть I, § 82) для земли измѣнилось всего на  $8'$ , т.-е. лишь на одну пятидесятую часть движенія луннаго перигея.

§ 58. **Вѣковыя измѣненія вращенія луны.** Такъ какъ на поверхности луны мы видимъ всегда одну и тѣ же пятна или, другими словами, такъ какъ луна обращена къ намъ всегда одной и той же своей стороною, то она, слѣдовательно, совершаетъ полный оборотъ вокругъ своей оси въ тотъ же промежутокъ времени, въ который она описываетъ полный кругъ вокругъ земли (часть II, § 105). Поэтому мы можемъ принять, что угловая вращательная скорость луны въ точности равна среднему ея движенію вокругъ земли. Но какому среднему движенію? Выше (§ 56) мы видѣли, что ея среднее движеніе съ теченіемъ времени мѣняется: уже болѣе 13000 лѣтъ оно возрастаетъ и будетъ еще возрастать въ теченіе 24000 лѣтъ, а затѣмъ начнетъ постепенно уменьшаться. Поэтому, если бы время обращенія луны вокругъ ея оси было бы постоянной величиной для какого угодно момента, что, напримѣръ, имѣеть мѣсто для земли, то уже давнымъ давно должно было бы нарушиться равенство времени обращенія нашего спутника вокругъ земли и вокругъ оси, и уже нѣсколько столѣтій тому назадъ мы имѣли бы возможность наблюдать значитель-

ную часть того полушарія, которое въ настоящее время обращено въ сторону, противоположную землѣ. Но такъ какъ въ дѣйствительности этого нѣтъ, то мы должны допустить, что вращательное движеніе луны подвержено такимъ же вѣковымъ измѣненіямъ, какъ в ея движеніе вокругъ земли. Но такъ какъ, съ другой стороны, вращательное движеніе всякаго тѣла въ сущности должно быть равномернымъ, то, слѣдовательно, должна существовать особая внѣшняя сила, которая дѣйствуетъ на луну и заставляетъ ее обращать къ землѣ одну и ту же сторону.

Источникомъ такой силы можетъ быть только земля. Примемъ весьма вѣроятную гипотезу о жидкомъ состояніи луны во время ея образованія: очевидно, что земля сильнѣе всего притягиваетъ къ себѣ тѣ точки луны, которыя находятся къ ней ближе всего, и которыя, слѣдовательно, занимаютъ центръ видимаго диска луны. Вслѣдствіе этого поверхность нашего спутника приняла форму эллипсоида, малая ось котораго есть ось вращенія, а большая направлена къ землѣ (ср. часть II, § 109). Далѣе, крайне вѣроятно, чтобы начальный толчокъ, сообщившій лунѣ ея движеніе (§ 20), былъ какъ-разъ такой силы и такого направленія, что вращательное и поступательное движенія луны оказались совершенно одинаковыми. Но если предположить, что большая ось луннаго сфероида была первоначально обращена къ землѣ, то этого уже вполнѣ достаточно для объясненія равенства обоихъ движеній, если только вначалѣ эти движенія не очень сильно различались другъ отъ друга. Дѣйствительно, если бы въ вѣкторый моментъ большая ось луны стремилась удалиться отъ направленія на центръ земли, то притяженіе земли снова привело бы ее въ первоначальное положеніе, совершенно подобно тому, какъ это мы наблюдаемъ при движеніи маятника, какъ только онъ отклонится отъ вертикальной линіи, сила тяжести снова стремится привести его въ вертикальное положеніе. Такимъ образомъ, притяженіе земли обуславливаетъ не кажущуюся только (часть II, § 116), но дѣйствительную абрацію луны, которая, однако, настолько незначительна, что ее до сихъ поръ мы не могли обнаружить непосредственными наблюденіями. Сжатіе луны у полюсовъ тоже настолько мало, что его мы не можемъ замѣтить даже въ самые сильные телескопы, поэтому безъ ощутительной ошибки мы можемъ считать нашу луну шарообразной. Но по теоріи малая ось луннаго сфероида должна быть равна 0,9989, если за единицу длины принять большую ось, направленную къ центру земли, такимъ образомъ, сжатіе луны достигаетъ лишь одной тысячной части этой оси.

§ 59. Видимыя либраціи луны. Въ предыдущемъ параграфѣ было сказано, что время оборота луны вокругъ ея оси должно постоянно въ точности равняться времени ея обращенія вокругъ земли, потому что въ противномъ случаѣ даже самая незначительная разность суммировалась бы съ теченіемъ времени, и передъ нами постепенно должна была бы открываться и другая сторона, которой, однако, до сихъ поръ не видѣлъ ни одиъ человѣческой глазъ. Но при описаніи лунныхъ картъ мы уже говорили, что при внимательномъ наблюденіи можно замѣтить, какъ пятна, лежація близъ самаго края луны, иногда переходятъ на другую ея сторону и, такимъ образомъ, перестаютъ быть видимыми, но зато на противоположномъ краѣ луннаго диска появляются другія пятна, которыя были невидимы для нашего глаза, такъ какъ они лежатъ на полушарии луны, обращенномъ въ сторону, противоположную землѣ. Однако, не трудно убѣдиться, что мы имѣемъ дѣло лишь съ кажущимися колебаніями луны, зависящими отъ неравномѣрности движенія луны вокругъ земли и отъ нашего положенія относительно этого небеснаго тѣла. Вслѣдствіе эллиптичности лунной орбиты и вслѣдствіе тѣхъ возмущеній, которыя луна испытываетъ отъ солнца (§ 47), она движется то съ большей, то съ меньшей скоростью и, благодаря этому, мы, находясь въ фокусѣ лунной орбиты, можемъ наблюдать незначительную часть скрытаго отъ насъ полушарія луны то съ западной, то съ восточной стороны луннаго диска. Кроме того, такъ какъ ось вращенія луны не перпендикулярна къ плоскости ея орбиты,

но составляет съ ней уголъ въ  $83^\circ$ , то въ томъ случаѣ когда луна достигаетъ наивысшей точки своей орбиты, мы на сѣверной сторонѣ видимъ нѣсколько меньше подробностей, а на южной нѣсколько больше, чѣмъ тогда, когда луна занимаетъ самую низшую точку своей орбиты. Наконецъ, та точка луннаго края, которая при восходѣ луны лежитъ выше другихъ, при закатѣ занимаетъ наиболѣе низкое положеніе; поэтому наблюдатель, находящійся на земной поверхности, увидитъ на вѣшнемъ краѣ луны нѣкоторыя другія пятна, чѣмъ его антиподъ. Всѣ эти, вообще незначительныя измѣненія, которыя, какъ извѣстно, называются кажущимися либраціями луны, зависятъ исключительно отъ положенія наблюдателя относительно нашего спутника, и, слѣдовательно, ихъ можно разсматривать какъ чисто оптическое явленіе, не имѣющее непосредственной связи съ луннымъ движениемъ. Первая изъ этихъ либрацій, а именно либрація по долготѣ, достигаетъ  $8^\circ$ ; либрація по широтѣ составляетъ  $6,8^\circ$ , и, наконецъ, третья либрація, зависящая отъ параэлакса, не превосходитъ  $1^\circ$ .

§ 60 **Вѣковыя возмущенія планетъ.** Выше было уже упомянуто, что современный математическій анализъ безсиленъ для точнаго рѣшенія задачи о возмущенномъ движеніи планетъ и что мы должны поэтому довольствоваться ея приближеннымъ рѣшеніемъ, получение котораго въ значительной степени облегчается благодаря нѣкоторымъ счастливымъ особенностямъ въ устройствѣ нашей солнечной системы. Несмотря на это, задача все же остается весьма трудной и сложной, и со времени Ньютона служила предметомъ изслѣдованія для самыхъ выдающихся математиковъ. При этомъ обыкновенно представляютъ себѣ фиктивную планету, которая, согласно съ законами Кеплера, описываетъ вокругъ солнца эллипсъ, но элементы этого эллипса принимаютъ непрерывно измѣняющимися подъ влияніемъ вѣковыхъ возмущеній; истинная же планета движется около воображаемой по змѣеобразной кривой, видъ которой зависитъ отъ периодическихъ возмущеній. Съ цѣлью настоящаго сочиненія совершенно не согласовалось бы подробное изложеніе относящихся сюда вычисленій и изысканій; поэтому мы только на частномъ примѣрѣ познакомимъ читателей съ тѣми измѣненіями, которыя происходятъ въ планетныхъ орбитахъ подъ влияніемъ вѣковыхъ возмущеній. Выберемъ для этой цѣли орбиту земли и приведемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ элементы земной орбиты для различныхъ эпохъ приблизительно на 100000 лѣтъ въ ту и другую сторону отъ Р. Хр. Эти элементы мы даемъ на основаніи вычисленій Леверье, причемъ необходимо замѣтить, что полученные имъ результаты очень хорошо согласуются съ результатами, выведенными Фарландомъ по новѣйшимъ формуламъ Стокведа.

Эпоха.	Эксцентрис.	Долгота перигея.	Наклонность земной орбиты къ эклиптикѣ 1880 г.	Долгота восхода луннаго узла.	
До Р. Хр. . . . .	98200	0,0473	316°18	3°45 31"	96°34'
» » . . . . .	88200	0,0452	340 2	2 42 19	76 17
» » . . . . .	78200	0,0398	4 13	1 18 58	73 47
» » . . . . .	68200	0,0316	27 22	1 13 58	136 8
» » . . . . .	58200	0,0218	46 8	2 36 42	136 29
» » . . . . .	48200	0,0131	50 44	3 40 11	116 9
» » . . . . .	38200	0,0109	28 36	4 3 1	91 59
» » . . . . .	28200	0,0151	25 50	3 41 51	66 49
» » . . . . .	18200	0,0188	44 0	2 44 12	41 34
» » . . . . .	8200	0,0195	69 47	1 24 35	16 39
по Р. Хр. . . . .	1800	0,0168	99 30	0 0 0	0 0
» » . . . . .	11800	0,0115	134 14	1 14 26	148 15

Эпоха	Эксцентрис.	Долгота перигелия.	Наклонность	Долгота восходящего узла.
			земной орбиты къ элиптику 1880 г.	
по Р. Хр. . . . . 21800	0,0047	192° 22'	2° 7' 46"	124° 29'
» » . . . . . 31800	0,0059	318 47	2 33 19	100 29
» » . . . . . 41800	0,0124	6 25	2 27 53	75 31
» » . . . . . 51800	0,0173	38 3	1 51 54	48 13
» » . . . . . 61800	0,0199	64 31	1 51 52	10 47
» » . . . . . 71800	0,0211	86 14	1 34 35	220 38
» » . . . . . 81800	0,0188	101 38	1 45 40	170 15
» » . . . . . 91800	0,0176	109 19	2 40 56	139 3
» » . . . . . 101800	0,0189	114 5	3 2 57	109 57

Въ этой таблицѣ за основную плоскость для наклонности и долготы узла принята плоскость земной орбиты для начала девятнадцатаго столѣтія.

Изъ этой таблицы видно, что 100000 лѣтъ тому назадъ эксцентриситетъ земной орбиты былъ приблизительно въ 3 раза больше, чѣмъ теперь; черезъ 20000 или 30000 лѣтъ его величина уменьшится приблизительно въ 4 раза сравнительно съ настоящей его величиной, а черезъ 100000 лѣтъ онъ будетъ опять почти такимъ же, какъ и теперь. Тамъ, гдѣ теперь находится перигелий, 120000 лѣтъ назадъ былъ афелий; черезъ 27000 лѣтъ это положеніе снова будетъ занимать афелий, а черезъ 80000 лѣтъ въ эту точку опять придетъ перигелий и т. д.

Совершенно подобныя же измѣненіямъ подвержены элементы и остальныхъ планетъ. Такъ, напримѣръ, эксцентриситетъ орбиты Юпитера мѣняется въ предѣлахъ отъ 0,060 до 0,026, а эксцентриситетъ орбиты Сатурна—въ предѣлахъ отъ 0,024 до 0,013; періодъ этихъ измѣненій въ обоихъ случаяхъ одинъ и тотъ же и равенъ 70000 лѣтъ. Эти эксцентриситеты измѣняются такимъ образомъ, что когда одинъ изъ нихъ имѣетъ наибольшую величину, другой достигаетъ своей наименьшей величины, в то время когда одинъ изъ нихъ возрастаетъ, другой убываетъ; эксцентриситетъ орбиты Юпитера достигалъ наименьшей своей величины около 16000 года до Р. Хр. Восходяще узлы названныхъ орбитъ также съ теченіемъ времени перемѣщаются, для Юпитера положеніе этого узла колеблется въ предѣлахъ между 90° и 117°, а для Сатурна между 72° и 136°; среднее положеніе обоихъ узловъ соответствуетъ долготѣ въ 104°. Подобныя же образомъ наклонность орбиты Юпитера заключается въ предѣлахъ между 1° 17' и 2° 3', а наклонность орбиты Сатурна можетъ мѣняться только отъ 0° 47' до 2° 33'. Періодъ, въ теченіе котораго эти наклонности доходятъ отъ наименьшей своей величины до наибольшей, охватывается круглымъ числомъ 25000 лѣтъ.

Въ заключеніе этого параграфа необходимо замѣтить, что вѣковыя возмущенія планетъ, какъ и вѣковыя возмущенія луны, могутъ быть со всею необходимою точностью опредѣлены лишь въслѣдствіе нашихъ, можетъ быть, еще очень отдаленными потомками, и они же, по всей вѣроятности, будутъ въ состояніи сдѣлать весьма точные подсчеты касательно тѣхъ измѣненій, которымъ наша солнечная система подверглась много тысячъ лѣтъ тому назадъ или которымъ она подвергнется въ далекомъ будущемъ.

§ 61. Измѣненіе длины тропическаго года. Если нанести на глобусъ двѣ взаимно пересѣкающіяся планетныя орбиты, то сразу станетъ ясно, что вѣдѣствие возмущеніи уголъ между ними долженъ постоянно уменьшаться. Но плоскости, заключающія въ себѣ орбиты, описываемыя планетами вокругъ солнца, обладаютъ устойчивостью подобною той, которая присуща осямъ вращенія планетъ; поэтому взаимное приближеніе двухъ орбитъ совершенно подобно тому, какъ и при предвареніи равноденствій (ср. § 20), преобразовывается во вращательное движеніе орбиты возмущаемой планеты по орбитѣ возмущающей въ напра-

влеченіи, обратномъ движенію возмущаемой планеты. Такъ какъ всѣ планеты движутся вокругъ солнца съ запада на востокъ, то узлы обѣихъ орбитъ перемѣщаются съ востока на западъ; другими словами, вслѣдствіе взаимныхъ возмущеній двухъ планетъ узлы орбиты возмущаемой планеты совершаютъ по орбитѣ возмущающей планеты обратное движеніе, тогда какъ взаимная наклонность обѣихъ орбитъ вообще остается постоянной, если не считать незначительныхъ періодическихъ колебаній.

Все вышесказанное справедливо до тѣхъ поръ, пока дѣло идетъ о взаимномъ положеніи двухъ планетныхъ орбитъ. Но дѣло становится гораздо сложнѣе, если мы, какъ это обыкновенно дѣлается въ астрономіи, будемъ относить положеніе обѣихъ планетъ къ вѣкоторой третьей плоскости, напримѣръ, къ плоскости эклиптики, такъ какъ въ этомъ случаѣ узлы орбиты возмущенной планеты при извѣстныхъ обстоятельствахъ въ теченіе вѣкотораго болѣе или менѣе продолжительнаго времени могутъ перемѣщаться и прямымъ движеніемъ, а наклонность въ теченіе болѣе или менѣе длиннаго промежутка можетъ или постоянно увеличиваться, или постоянно уменьшаться. Къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что плоскость эклиптики сама не остается неподвижной, но какъ плоскость земной орбиты мѣняетъ свое положеніе подъ вплиномъ возмущающаго дѣйствія остальныхъ планетъ. Астрономическія вычисления показываютъ, что вслѣдствіе возмущеній, оказываемыхъ на землю соседними планетами, плоскость эклиптики приближается къ плоскости экватора на  $48,37'$  въ сто лѣтъ, а линия пересѣченія этихъ плоскостей, т.-е. линия, соединяющая точки весенняго и осенняго равноденствій, перемѣщается прямымъ движеніемъ, т.-е. съ запада на востокъ, на  $16,44''$  въ сто лѣтъ. Мы уже раньше (часть I, § 50) видѣли, что, согласно съ наблюденіями, точка весенняго равноденствія перемѣщается обратнымъ движеніемъ, т.-е. съ востока на западъ, на  $5021,13''$  въ сто лѣтъ; это движеніе обуславливается притяженіемъ солнца и луны на сжатую у полюсовъ землю и называется прецессіей. Но такъ какъ подъ впливомъ планетныхъ притяженій равноденственные точки перемѣщаются прямымъ движеніемъ на  $16,44''$  въ сто лѣтъ, то, слѣдовательно, при дѣйствіи только солнца и луны онѣ перемѣщались бы на  $5037,57''$ , другими словами, наблюдаемое движеніе точки весенняго равноденствія, равное  $50,2113''$  въ годъ, состоитъ изъ двухъ частей: дѣйствіе солнца и луны на сжатую у полюсовъ землю вызываетъ обратное движеніе, равное  $50,3757''$  въ годъ, отъ планетныхъ же возмущеній равноденственные точки перемѣщаются прямымъ движеніемъ на  $0,1644''$ . Первая изъ этихъ величинъ остается постоянной для всѣхъ времени, такъ какъ среднія разстоянія солнца и луны отъ земли и сжатіе земли не мѣняются съ теченіемъ времени. Вторая же величина зависитъ отъ распредѣленія и положенія планетныхъ орбитъ относительно орбиты земли и, слѣдовательно, съ теченіемъ времени измѣняется.

Это обстоятельство имѣетъ большое влияніе на продолжительность года, а слѣдовательно, и на все наше времячисленіе. Продолжительность истиннаго года, т.-е. продолжительность сидерическаго оборота земли вокругъ солнца (часть I, § 84), совершенно такъ же; какъ продолжительность сидерическихъ оборотовъ всѣхъ остальныхъ планетъ, является величиной нѣсколько постоянной, но тропическій годъ (часть I, § 85), т.-е. время оборота земли относительно точки весенняго равноденствія, короче звѣзднаго года на тотъ промежутокъ времени, который употребляетъ земля для того, чтобы пройти дугу, описываемую въ теченіе года точкой весенняго равноденствія вслѣдствіе прецессіи. Но эта дуга состоитъ, какъ мы только-что видѣли, изъ двухъ частей, изъ которыхъ одна, правда незначительная, мѣняется съ теченіемъ времени. Поэтому время, которое употребляетъ земля, чтобы пройти эту дугу, а слѣдовательно, и тропическій годъ суть величины перемѣнныя.

Въ настоящее время, напримѣръ, перемѣнный членъ прецессіи, обуславливаемый притяженіемъ планетъ, равенъ  $0,1644''$ . Такъ какъ земля проходитъ въ одинъ день  $0^{\circ}59' 8,33''$ , то вышесказанную дугу она опишетъ въ 4 секунды, поэтому нашъ теперешній



годъ, равный 364,24220 днѣмъ, на 4 сек. длиннѣ средняго тропическаго года. Со времянъ I инпарха (140 г. до Р. Хр.) до нашихъ дней тропическій годъ, который лежитъ въ основѣ всего нашего времячисленія и по которому составлены календари и распределяются времена года, сталъ короче на 14 секундъ.

§ 62. **Вліяніе возмущеній на времена года.** Ближайшія слѣдствія, которыя влечетъ за собою движеніе линіи апсидъ были рассмотрѣны выше (часть I, § 92). Здѣсь мы укажемъ еще, что положеніе большой оси планетной орбиты, по крайней мѣрѣ, въ томъ случаѣ, когда эксцентриситетъ орбиты незначителенъ, не оказываетъ сколько-нибудь замѣтнаго вліянія ни на другія планеты, ни на ту, которая движется по этой орбитѣ и, вообще говоря, совершенно безразлично, въ какую точку неба большая ось направлена; иначе говоря, то обстоятельство, что линія апсидъ при своемъ движеніи съ теченіемъ времени проходитъ черезъ всѣ точки окружности, не имѣетъ особеннаго значенія.

Совсѣмъ иначе дѣло обстоитъ относительно эксцентриситетовъ эллиптическихъ орбитъ, такъ какъ отъ эксцентриситетовъ зависитъ средняя температура на поверхности планетъ, и ими же обуславливаются контрасты времени года. Для земли, напримѣръ, измѣненіе ея разстоянія отъ солнца можетъ доходить до  $\frac{1}{30}$  ея средняго разстоянія, зависящее же отъ этого измѣненіе нагревающей силы солнца при переходѣ отъ зимы къ лѣту или наоборотъ должно быть въ два раза больше и, слѣдовательно, можетъ доходить до  $\frac{1}{11}$  всего количества теплоты, получаемаго землей отъ солнца въ нѣкоторый моментъ. Поэтому, если бы эксцентриситетъ земной орбиты могъ увеличиться въ нѣсколько разъ, то вѣсѣръ съ тѣмъ увеличилась бы и разность между наибольшей и наименьшей температурами года, что могло бы, въ концѣ концовъ, вредно отозваться на растенія и животныя. Въ настоящее время измѣненіе годовой температуры зависитъ почти исключительно отъ наклонности земной оси къ плоскости эклиптики, а не отъ разстоянія земли отъ солнца, которое зимой бываетъ къ намъ даже ближе, чѣмъ лѣтомъ. Но если бы эксцентриситетъ земной орбиты увеличился настолько, что солнце могло бы въ одно время года быть вдвое или втрое дальше отъ земли, чѣмъ въ другое, то подобное измѣненіе солнечнаго разстоянія оказало бы сильное вліяніе на нашу температуру. Кромѣ того, вслѣдствіе движенія перигелія время кратчайшаго разстоянія солнца отъ земли, или, что то же, время высшей температуры, падало бы поочередно на каждый мѣсяць года, и тогда два главныхъ условія, отъ которыхъ зависитъ земная температура, а именно наклонное положеніе земной оси и измѣненіе разстоянія отъ солнца до земли, иногда могли бы имѣть прямо противоположное вліяніе и, такимъ образомъ, взаимно уничтожаться, въ другое же время, наоборотъ, они взаимно усиливались бы, что могло бы сдѣлать лѣтній зной и зимній холодъ совершенно невыносимыми для живыхъ существъ. Но въ дѣйствительности этого не можетъ случиться, и анализъ, какъ уже было сказано выше, показываетъ намъ, что эксцентриситеты и наклонности всѣхъ планетныхъ орбитъ мѣняются лишь въ очень тѣсныхъ предѣлахъ, которыхъ они никогда не могутъ перейти. Поэтому, согласно съ изслѣдованіями Скіапарелли, одними измѣненіями эксцентриситета земной орбиты совершенно нельзя объяснить тѣхъ весьма значительныхъ колебаній температуры на земномъ шарѣ, о которыхъ свидѣтельствуетъ намъ палеонтологія, хотя эти измѣненія могутъ быть причиною того, что, напр., для Милана, въ теченіе тысячелѣтій разность между средними суточными температурами во время лѣтняго и зимняго солнцестоянія можетъ въ извѣстную эпоху возрасти до 34° по Цельсію, а въ нѣкоторую другую эпоху уменьшиться до 21°, тогда какъ въ настоящее время эта разность составляетъ 25°.

§ 63. **Вѣковыя возмущенія какъ средство для опредѣленія массъ.** Въ § 58 второй части этой книги былъ указанъ способъ опредѣленія массъ планетъ, имѣющихъ спутниковъ. Далѣе, въ § 76 той же части мы упоминали, что, кромѣ того, массы планетъ могутъ быть опредѣлены на основаніи тѣхъ возмущеній, которыя планеты оказываютъ

другъ на друга, а также на кометы. По закону всемірнаго тяготѣнія (§ 21), притяженіе всякаго тѣла прямо пропорціонально его массѣ и обратно пропорціонально квадрату разстоянія между нимъ и притягиваемымъ тѣломъ. Отсюда слѣдуетъ, что такая притягательная сила можетъ значительно мѣняться съ измѣненіемъ внѣшнихъ обстоятельствъ, но при этомъ величина притяженія всегда зависитъ отъ массы притягивающаго тѣла; это значитъ, что аналитическое выраженіе всякаго возмущенія, оказываемаго одной планетой на другую, постоянно содержитъ множителемъ массу возмущающей планеты. Допустимъ теперь, что по истеченіи нѣкотораго времени намъ удалось точно опредѣлить изъ непосредственныхъ наблюденій величину этого возмущенія; тогда, приравнявъ эту числовую величину къ ея аналитическому выраженію, получимъ уравненіе, гдѣ единственнымъ неизвѣстнымъ будетъ масса планеты, легко, такимъ образомъ, опредѣляемая. Этимъ приемомъ можно съ успѣхомъ пользоваться и въ томъ случаѣ, когда мы имѣемъ дѣло не съ вѣковыми возмущеніями, а съ періодическими, если только послѣднія достигаютъ настолько значительной величины, что ихъ можно точно опредѣлить изъ наблюденій. Этотъ способъ былъ примененъ въ послѣднее время къ опредѣленію массы Юпитера по тѣмъ возмущеніямъ, которыя эта планета оказываетъ на нѣкоторыя астероиды, очень близко подходяще къ ней, и точность полученныхъ результатовъ нисколько не уступаетъ точности опредѣленія массы этой планеты изъ наблюденій ея спутниковъ.

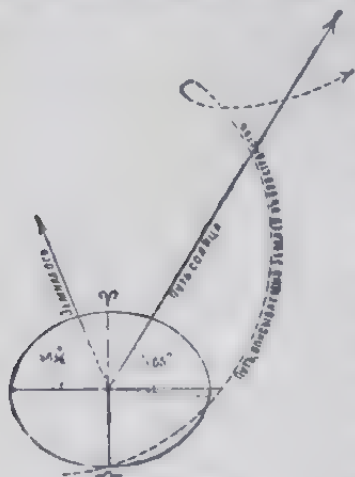


Рис. 268.

\* § 63, а. **Движеніе земли въ пространствѣ.** Вѣдѣніе возмущеній, оказываемыхъ планетами другъ на друга, ихъ движеніе вокругъ солнца происходитъ по весьма сложнымъ кривымъ. Но если мы вспомнимъ, что и само солнце не остается неподвижнымъ въ пространствѣ, а несетъ съ огромною скоростью въ настоящее время приблизительно по направленію къ созвѣздію Геркулеса (часть II, § 184), то намъ станетъ вполнѣ понятно, что это быстрое движеніе солнца, въ которомъ, конечно, принимаютъ участіе также и всѣ планеты, должно преобразовывать описываемыя ими, и безъ того сложныя, орбиты въ еще болѣе запутанныя вингообразныя кривыя. Для болѣе наглядности на рис. 268 изображенъ путь, описываемый нашей землей въ пространствѣ, причѣмъ для простоты вовсе не приняты во вниманіе возмущенія.\*

## Г Л А В А VII.

### Прохожденіе и продолжительность существованія вселенной.

§ 64. **Старѣйшія космогоническія гипотезы.** Земля, на которой мы живемъ и вся солнечная система, со всѣхъ сторонъ насъ окружающая, безъ сомнѣнія, не всегда были въ томъ состояніи, въ какомъ мы ихъ видимъ теперь. Какъ все, что мы замѣчаемъ въ себѣ и вокругъ себя, совершенствуется постепенно, пока не достигнетъ высшей степени своего развитія, а затѣмъ начинаетъ мало-по-малу приходить въ упадокъ и доходить, наконецъ, до видимаго уничтоженія, которое на самомъ дѣлѣ есть только полное преобразование сущности даннаго предмета, такъ и теперешнее состояніе нашей системы есть только одно изъ многихъ преобразованій, которыя она должна претерпѣть, чтобы достигнуть цѣли, предвѣщенной ей природой.

Мы не можемъ задаться цѣлью прослѣдить все какъ совершившіяся, такъ и будущія метаморфозы, такъ какъ даже ближайшія изъ нихъ настолько далеки отъ насъ, что

предпріятіе такого рода кажется не только дерзкимъ, но и совершенно невозможнымъ для человѣческаго разума. Несмотря на это, мы не въ силахъ отказать отъ желанія, отрѣпившись отъ самихъ себя и отъ всего окружающаго, бросить хоть нѣсколько взглядовъ назадъ въ непроглядную тьму и поискать тамъ какихъ-нибудь свѣтлыхъ точекъ, которыя, можетъ-быть, помогутъ намъ нѣсколько ближе узнать наше собственное родословное дерево и родословное дерево того великаго дома, къ которому мы принадлежимъ, и если не дойти до корней его, то все-таки узнать хоть болѣе близкія къ нимъ части. Это желаніе породило безчисленное множество гипотезъ о происхожденіи земли и вообще всей вселенной; приведемъ здѣсь, хотя бы ради любопытства, нѣкоторыя изъ старѣйшихъ гипотезъ.

Лейбницъ высказывалъ взглядъ, что всѣ планеты и кометы, не исключая и нашей земли, когда-то были солнцами, которыя съ теченіемъ времени, состарѣвшись, потеряли свою юношескую силу, а вмѣстѣ съ ней и способность къ самосвѣченію.

По мнѣнію Уистона земля сначала была кометою, но въ тѣ далекія времена она не обладала вращеніемъ вокругъ оси, отчего на ней не было и живыхъ существъ, и она была мертвой глыбой, движущейся вокругъ солнца. Черезъ много милліоновъ лѣтъ она столкнулась случайно съ другою кометою и послѣ того начала вращаться вокругъ оси. Вслѣдствіе этого на землѣ установилась смѣна дня и ночи, что вызвало появленіе на ея поверхности растеній и животныхъ. Тогда насталъ на землѣ рай, и такое состояніе продолжалось нѣсколько тысячелѣтій; время это нашъ ученый расписываетъ не менѣ яркими красками, чѣмъ наступившій затѣмъ періодъ всеобщаго упадка нравовъ, который, наконецъ, усилился до того, что повздобилась новая комета, чтобы утопить въ своей водѣ весь нечестивый родъ человѣческой. Въ тѣ времена, какъ намъ вѣсѣмъ хорошо извѣстно, нечестивцы погибли, и теперь въ скоромъ времени нужно ожидать четвертую и послѣднюю комету, которая по Уистону, не сообщитъ землѣ такого толчка, какъ вторая, не будетъ водяниста, какъ третья, а напротивъ того, будетъ огненной и превратитъ въ золу и пепелъ бѣдную землю со вѣсѣмъ, что на ней находится. Когда появилось сочиненіе Уистона, въ которомъ онъ все это описывалъ, ему удивлялись, какъ одному изъ высшихъ произведеній человѣческаго ума; его съ жадностію читали старыи и малыи; рѣдкому роману выпадаетъ на долю такой успѣхъ.

Картезій предполагалъ, что искони существовавшая неподвижная хаотическая матерія разорвалась въ куски, которые сейчасъ же пришли во вращательное движеніе, и благодаря этому вращенію образовались солнце, луна и планеты. Лазарь Моро, послѣ появленія въ 1538 году близъ Неаполя Monte puovo, написалъ новую исторію міроздавія, гдѣ главную роль приписывалъ центральному огню. Палладей, наоборотъ, думалъ, что міръ возникъ безъ помощи огня изъ водъ древянаго моря. Мартинъ фонъ-Биберштейнъ считалъ планеты и ихъ спутниковъ простыми конгломератами метеорныхъ камней, т.-е. приписывалъ имъ то же происхожденіе, какъ и падающимъ звѣздамъ, взглядъ, который неоднократно высказывался и въ новѣйшее время, напр.: Зильбершлагомъ, Шейхцеромъ, Вреде, Ламаркомъ, Хуттономъ и др.

Бюфонъ, Плиніи нашихъ дней, тоже пробовалъ свои силы на этомъ интересномъ предметѣ. По его мнѣнію, вначалѣ существовало только солнце и безчисленное множество кометъ, носившихся вокругъ него по всѣмъ направленіямъ. Нѣкоторыя изъ этихъ кометъ со временемъ подходили къ солнцу ближе, чѣмъ, можетъ-быть, самимъ имъ хотѣлось, и тогда случалось одно изъ двухъ: или комета встрѣчала солнце по направленію, почти перпендикулярному къ поверхности послѣдняго, и тогда оставалась на солнцѣ, увеличивая его массу и возмѣщая ту потерю, которую солнце несло благодаря постоянному испусканію свѣта, или же комета встрѣчалась съ солнцемъ по косвенному направленію, только слегка задѣвала его поверхность и отрывала отъ него кусокъ болѣшихъ или меньшихъ разбровъ. Этотъ кусокъ жидкаго, по мнѣнію Бюфона, солнца комета увлекла

за собой въ видѣ ручья или жидкаго хвоста; этотъ потокъ раздѣлился на нѣсколько шаровъ различной величины, и такіе шары начинали двигаться вокругъ солнца съ различной скоростью, зависящей отъ того разстоянія, на которомъ они образовывались, и въ то же время приобрѣтали вращение вокругъ собственной оси. Такимъ образомъ явились планеты, а затѣмъ уже изъ нихъ совершенно такъ же образовались ихъ спутники.

Такъ какъ во времена Бюффона гипотеза Уистона была уже забыта то эта новая георія великаго французскаго естествоиспытателя долго считалась наизученною и даже единственною достоверною. Этому способствовали не только блестящій слогъ, которымъ Бюффонъ изложилъ свой вымыселъ, но также и смѣлая увѣренность, съ которой онъ изслѣдовалъ предметъ до мельчайшихъ подробностей и представилъ свои мечты какъ результатъ вычисленій.

Совершенно особенное представление объ этомъ предметѣ имѣлъ Франклинъ. Чтобы лучше понять его идею, вспомнимъ вышеизложенный законъ Мариотта - Гей - Люссака (часть I, § 104). Законъ этотъ говоритъ, что если мы будемъ сжимать нашъ атмосферный воздухъ, то плотность его будетъ увеличиваться пропорціонально давленію, на него оказываемому, такъ что подъ двоннымъ или тройнымъ давленіемъ воздухъ дѣлается вдвое или втрое плотнѣе. Такъ какъ Франклинъ считалъ воздухъ совершеннымъ газомъ, т.-е. такимъ, который ни подъ какимъ давленіемъ не обращается въ жидкость, то онъ думалъ, что можно, наконецъ, сжать воздухъ до такой степени, что въ немъ будетъ плавать даже золото. Представимъ себѣ теперь пещеру, открытую сверху и идущую отъ поверхности внутрь земли и предположимъ, что законъ Мариотта справедливъ для всякаго давленія и для всякой плотности воздуха; тогда воздухъ въ различныхъ частяхъ этой пещеры будетъ тѣмъ плотнѣе, чѣмъ глубже онъ лежитъ, и на глубинѣ 50 километровъ подъ поверхностью земли въ немъ будетъ уже плавать вода, на глубинѣ 80 — олово, 85 — серебро и 90 — золото.

Далѣе, Франклинъ исходитъ изъ мысли, что катастрофы, которыя мы видимъ на землѣ, гораздо значительнѣе, чѣмъ они должны были бы быть, если бы вся земля въ настоящее время представляла сплошную твердую массу. Поэтому онъ думаетъ, что внутри земли находится воздухъ и этотъ послѣдній плотнѣе всѣхъ твердыхъ тѣлъ, которыя мы знаемъ на землѣ, такъ что они плаваютъ въ немъ. Въ этомъ воздухѣ покоятся всѣ тѣла, которыя попадаютъ въ него или образуются изъ него самого и его составныхъ частей, причемъ каждое изъ такихъ тѣлъ располагается на нѣкоторомъ опредѣленномъ разстояніи отъ центра земли; если много такихъ тѣлъ соберется на одинаковомъ разстояніи отъ центра, то они образуютъ родъ твердой коры, какъ бы шаровую оболочку, окружающую внутренній, еще болѣе плотный воздухъ.

Предположимъ вмѣстѣ съ Франклиномъ, что вся матерія вначалѣ была разбѣяна въ мировомъ пространствѣ въ видѣ газа, между отдѣльными частицами котораго существовало притяженіе; подъ влияніемъ этого притяженія частицы матеріи приближались къ нѣкоторому центру и по мѣрѣ того, какъ онѣ скоплялись, матерія все уплотнялась. Такимъ образомъ могъ образоваться упомянутый воздушный шаръ, въ которомъ расположились всѣ остальные тѣла. Многія изъ этихъ тѣлъ, которыя вначалѣ при паденіи погружались слишкомъ глубоко, потомъ снова поднимались, примыкали къ другимъ, и образовали, наконецъ, кору — земную поверхность, на которой мы живемъ и которая занимаетъ теперь такое положеніе относительно всего воздушнаго шара, что надъ нею остался только небольшой слой воздуха — наша теперешняя атмосфера. Химическіе процессы: образованіе газовъ, взрывы паровъ, происходящіе подъ этой корой въ столь сильно сжатомъ воздухѣ, прорываютъ ее въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, чѣмъ объясняются нештучные и вулканические перевороты, которые, повидимому, много разъ случались на землѣ; если же такіе взрывы не могутъ прорвать кору, то во всякомъ случаѣ, они возбуждаютъ воздушныя волны, распространяющіяся на тысячи миль и ощущаемыя нами въ видѣ землетрясеній.

§ 65. Особенности устройства планетной системы. Разсмотрѣвъ старѣйшія космогоническія гипотезы, посмотримъ, что даетъ намъ въ этой области современная наука.

Хотя планеты, составляющія солнечную систему, повидимому, совершенно независимы другъ отъ друга, но, тѣмъ не менѣе, существуютъ нѣкоторыя особенности, присущія всемъ имъ безъ исключенія, а потому заслуживающія особеннаго вниманія. Такъ, напримѣръ, мы съ удивленіемъ замѣчаемъ, что всѣ планеты движутся вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, съ запада на востокъ, и, вообще говоря, въ томъ же направленіи движутся вокругъ планетъ и ихъ спутники. Значитъ, вращеніе вокругъ осей у всѣхъ планетъ, для которыхъ мы имѣли возможность его наблюдать, происходитъ въ томъ же направленіи съ запада на востокъ; такъ вращаются 6 планетъ, само солнце и луна. Такимъ образомъ, нѣсколько согдъ движеній направлено въ одну сторону, такъ какъ кромѣ вышеупомянутыхъ тѣлъ въ томъ же направленіи обращаются вокругъ солнца многочисленные астероиды.

Другое, не менѣе замѣчательное свойство солнечной системы—это незначительность эксцентриситетовъ 8 большихъ планетъ и большинства астероидовъ; для нѣкоторыхъ астероидовъ эксцентриситеты, правда, достигаютъ довольно значительной величины, но все же они несравненно меньше, чѣмъ эксцентриситеты кометныхъ орбитъ. Вообще планеты сильно отличаются отъ кометъ двумя только-что указанными свойствами. Какъ уже сказано выше, мы не знаемъ ни одной планеты, движеніе которой не происходило бы съ запада на востокъ, между тѣмъ какъ многія кометы движутся съ востока на западъ.

Наконецъ, то же самое мы можемъ сказать и относительно наклонностей планетныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики. Эти наклонности для всѣхъ большихъ планетъ чрезвычайно малы, для большинства астероидовъ онѣ также очень незначительны, между тѣмъ какъ для кометъ, наоборотъ, онѣ принимаютъ всѣ возможные значенія.

Очевидно, что эти явленія совершенно другого рода, чѣмъ тѣ, которыя мы до сихъ поръ разсматривали. Движеніе планетъ по ихъ орбитамъ, даже такъ называемыя возмущенія, которыя онѣ претерпѣваютъ, суть простиыя слѣдствія закона всемірнаго тяготѣнія и вполне объясняются этимъ послѣднимъ. Тѣ же три явленія, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, не имѣютъ никакого отношенія къ этому закону, а потому должны имѣть другую причину. Въ самомъ дѣлѣ, ничто не препятствовало бы планетъ, подчиненной этому закону, двигаться вокругъ солнца не съ запада на востокъ, а въ обратномъ направленіи. Если же всѣ планеты, безъ исключенія, движутся въ одномъ направленіи, то причину этого нужно искать не въ законѣ всемірнаго тяготѣнія, а въ первоначальной организаціи системы, въ томъ устройствѣ, которое она получила во время своего образованія. Направленіе движенія планетъ, наклонности плоскостей ихъ орбитъ и эксцентриситеты этихъ орбитъ могутъ быть для данной системы совершенно произвольными, природа распорядилась ими для достиженія своихъ цѣлей, и нѣкоторыя изъ этихъ цѣлей намъ, можетъ-быть, удастся разгадать.

§ 66. Гипотеза Канта-Лапласа. Три вышеупомянутыя особенности, присущія всемъ планетамъ, а именно поступательное и вращательное движеніе въ направленіи съ запада на востокъ и незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей ихъ орбитъ, послужили Канту и Лапласу для построения гипотезы о происхожденіи планетной системы, которую мы сейчасъ разсмотримъ подробнѣе.

Какова бы ни была причина этихъ трехъ явленій, она, очевидно, общая для всѣхъ планетъ, а такъ какъ эти послѣднія отдѣлены другъ отъ друга большими разстояніями, то мы должны предположить, что раньше всѣ онѣ составляли одно цѣлое и представляли собою жидкую, вначалѣ, можетъ-быть, даже газообразную массу, занимавшую громадное пространство. Такъ какъ всѣ планеты движутся вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи по орбитамъ, близко подходящимъ къ круговымъ линіямъ, то эта газообразная масса должна была окружать солнце въ видѣ атмосферы. Эта атмосфера, первоначально представля-

шая, может-быть, только продолжение самого солнца, благодаря необыкновенно высокой температурѣ, которую она имѣла задолго до образованія солнечной системы, простиралась, вѣроятно, далеко за орбиту Нептуна, но со временемъ, вследствие охлаждения сжималась, пока, наконецъ, не дошла до тѣхъ размѣровъ, которые имѣетъ теперь солнце.

Такимъ образомъ, солнце наше было въ то время туманной звездой, большимъ свѣтлымъ ядромъ, окруженнымъ шарообразной туманной оболочкой, а еще раньше, может-быть, не было и этого свѣтлаго ядра, а была только необыкновенно тонкая хаотическая тумань, занимавшая огромное пространство.

Когда это свѣтлое ядро, зародышъ будущаго солнца, подъ дѣйствіемъ въ некоторой силы, которое могло быть притяженіе сосѣднихъ тѣлъ, лежавшихъ вѣнъ солнечной атмосферы, приобрѣло вращеніе вокругъ оси, въ этомъ вращеніи приняла мало-по-малу участие и вся атмосфера солнца. Вследствие охлаждения верхнихъ частей атмосферы, она раздѣлилась на отдѣльные слои, которые продолжали вращаться около солнца. Если въ этихъ слояхъ попадалась болѣе плотная масса, она мало-по-малу притягивала къ себѣ сосѣднія частицы, принимала форму шара, и такимъ образомъ возникали планеты (рис. 269).



Рис. 269.

Очевидно, что при такомъ происхожденіи этихъ тѣлъ, направленіе ихъ движенія вокругъ солнца должно совпадать съ направленіемъ вращенія самого солнца, и этимъ вполне объясняется общее вѣтвь планетамъ поступательное движеніе съ запада на востокъ.

Затѣмъ, такъ какъ болѣе удаленныя отъ солнца части образовавшихся такъ-же способомъ планетъ, вследствие вращенія всей туманной массы, имѣли болѣе-большую скорость, чѣмъ части, болѣе близкія къ ядру, то планеты начали вращаться

вокругъ своей оси въ томъ же направленіи, въ какомъ происходило ихъ поступательное движеніе, и, такимъ образомъ, весьма просто объясняется и общее направленіе вращательнаго движенія планетъ.

Планеты, образовавшіяся благодаря ступенно сосѣднихъ частицъ въ некоторомъ слое солнечной атмосферы, вичать, когда ихъ внутренняя температура была еще очень высока, занимали гораздо большее пространство, а затѣмъ, какъ это случилось и съ солнцемъ, постепенно охлаждались, принимая форму болѣе плотнаго ядра окруженнаго туманной оболочкой. Вследствие охлаждения верхнихъ слоевъ этой планетной атмосферы, образовались спутники, совершенно такъ же, какъ сами планеты образовались изъ солнечной атмосферы.

При отдѣленіи постепенно охлаждавшихся слоевъ отъ остальной, внутренней солнечной атмосферы, масса, изъ которой они состояли, вследствие вращенія солнца, собиралась вѣнъ его экватора, и этимъ объясняется, почему вклонности планетныхъ орбитъ къ плоскости и солнечному экватору вообще не достигаютъ значительной величины.

Если бы вѣнъ была шарообразная оболочка солнечной атмосферы, состоящая изъ вѣсколькото уже охлажденнаго, но все еще очень горячаго матеріала, совершенно равномерно со-

бралась у экватора, не разрываясь на части, и если бы дальнейшее сгущение массы этого слоя шло совершенно правильно, то вокруг нового солнечного ядра возникло бы, таким образом, жидкое кольцо, которое со временем уюлогилось бы вследствие дальнейшего охлаждения. Но необходимая здесь правильность дѣлаегь это явление настолько рѣдкимъ, что во всей солнечной системѣ мы встрѣчаемъ только одинъ примѣръ такого кольца, именно у Сатурна. Въ большинствѣ же случаевъ, кольцо вскорѣ послѣ своего образованія раздѣлялось на нѣсколько отдѣльныхъ массъ, изъ которыхъ каждая начинала обращаться вокругъ новой планеты въ видѣ спутника.

Точно также, если бы образованіе планетъ шло вполнѣ правильно, то планеты двигались бы какъ-разъ въ плоскости солнечнаго экватора, а спутники въ плоскости экватора соответствующей планеты, и орбиты всѣхъ этихъ тѣлъ имѣли бы видъ круговыхъ линій. Однако, малѣйшаго возмущенія достаточно, чтобы измѣнить наклонность и эксцентриситетъ орбитъ; но, повидимому, возмущенія эти никогда не были достаточно велики для того, чтобы тотъ или другой изъ этихъ элементовъ сильно отклонился отъ своего первоначальнаго значенія; поэтому какъ наклонности, такъ и эксцентриситеты орбитъ почти у всѣхъ планетъ лежать въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ.

Упомянемъ здѣсь объ одномъ очень интересномъ опытѣ, который впервые былъ произведенъ Плато въ Гентѣ и затѣмъ былъ повторенъ Фарадеемъ, и который даетъ наглядное представленіе объ образованіи нашей системы. Если наполнить стеклянный сосудъ смѣсью воды и спирта и ввести туда небольшое количество оливковаго масла, плотность котораго равна плотности смѣси, то это масло можно разсматривать какъ жидкость, не подверженную силѣ тяжести, и потому она подъ влияніемъ тѣхъ или другихъ силъ можетъ принимать любую форму. Дѣйствительно, масло, подъ дѣйствіемъ молекулярнаго притяженія, сейчасъ же принимаетъ форму шара. Если черезъ сосудъ проходить вертикальная ось, снабженная маленькимъ шарикомъ, центръ котораго совпадаетъ съ центромъ маслянаго шара, то, приводя эту ось въ движеніе, можно заставить масляный шарикъ вращаться. Тогда онъ сейчасъ же сплюсчивается у полюсовъ и надувается у экватора, такъ что здѣсь мы въ маленькомъ масштабѣ воспроизводимъ тѣ условія, въ которыя были поставлены планеты. Правда, шарообразная форма является въ этихъ двухъ случаяхъ слѣдствіемъ различныхъ силъ: для маслянаго шарика — слѣдствіемъ силы молекулярнаго сцепленія, а для планетъ — слѣдствіемъ силы тяготѣнія, но результаты, какъ мы видимъ, совершенно аналогичны, если не тождественны. Чѣмъ быстрее будетъ вращеніе, тѣмъ сильнее сплюснется шарикъ, и когда скорость вращенія дойдетъ до 2—3 оборотовъ въ секунду, въ масляной массѣ у концовъ оси образуются впадины, между тѣмъ какъ въ горизонтальномъ направленіи она будетъ все больше раздаваться; наконецъ, она отдѣлится отъ шарика и приметъ видъ совершенно правильнаго кольца. Вначалѣ это кольцо еще соединено съ шарикомъ тонкой масляной пленкой, но если задержать шарикъ, она разрывается, и кольцо становится совершенно свободнымъ. Вскорѣ послѣ этого движеніе его прекращается, и оно снова принимаетъ форму шара. Но если послѣ отдѣленія кольца продолжать вращать маленькій шарикъ, то въ смѣси воды и спирта развивается вращательное движеніе, а вмѣстѣ съ нимъ и центробѣжная сила, которая помѣщаетъ масляному кольцу принять первоначальную форму шара, и кольцо разобьется на нѣсколько отдѣльныхъ массъ, изъ которыхъ каждая сейчасъ же принимаетъ форму шара. Каждая изъ этихъ массъ начинаетъ вращаться вокругъ оси въ томъ же направленіи, въ какомъ двигалось кольцо. Мало того: такъ какъ кольцо въ моментъ своего раздѣленія обладало еще нѣкоторой скоростью, то вновь образовавшіеся шарики стремятся удалиться по касательной; но вращательное движеніе смѣси захватываетъ ихъ и заставляетъ нѣкоторое время кружиться вокругъ вращающагося шарика; такимъ образомъ, они, подобно планетамъ, вращаются вокругъ осей и обращаются вокругъ центральнаго тѣла.

Мы видимъ, что въ этой гипотезѣ о происхожденіи солнечной системы ни слова не говорится о кометахъ, которыя Лапласъ считалъ не коренными членами нашей системы, а иностранцами, случайно проникающими къ нее и затѣмъ снова возвращающимися въ безпредѣльное пространство, изъ котораго они явились. Въ другомъ мѣстѣ (часть II, § 171), мы уже подробно разсмотрѣли тѣ измѣненія, которымъ подвергся этотъ взглядъ, благодаря повѣйшимъ изысканіямъ.

Хотя гипотеза о происхожденіи нашей солнечной системы очень красива и остроумна, все же относиться къ ней съ полнымъ довѣріемъ не слѣдуетъ, какъ и вообще ко всему тому, что не является непосредственнымъ результатомъ строгихъ вычисленій. Прежде всего, здѣсь предполагается, что масса, изъ которой образовалась наша планетная система, была вполне изобразимой, и затѣмъ, постепенно охлаждаясь, стала жидкой. Конечно, это очень вѣроятно, и относительно земли на это было нами указано уже въ § 28; точно также въ § 58 мы видѣли, что равенство времени оборотовъ луны вокругъ земли и вокругъ оси можетъ быть объяснено только въ томъ случаѣ, если мы допустимъ, что масса ея въ моментъ ея образованія находилась въ жидкомъ состояніи. Далѣе, замѣчательныя соотношенія, существующія между средними долготами и временами оборотовъ спутниковъ Юпитера и Сатурна (часть II, §§ 124 и 129) должны обуславливаться той же самой причиною. Положимъ, что эти соотношенія не выполнялись совершенно строго во время образованія спутниковъ, такъ какъ противное предположеніе было бы въ высшей степени невѣроятнымъ, и допустимъ, что первоначально между долготами и временами обращенія спутниковъ только приблизительно существовали такія соотношенія, какія мы замѣчаемъ теперь, въ такомъ случаѣ, если массы спутниковъ первоначально были жидкими, достаточно было простого приращенія могущественныхъ главныхъ планетъ, чтобы съ помощью удлиненія направленныхъ къ этимъ планетамъ діаметровъ спутниковъ совершенно строго установить и сохранить такія отношенія.

Одно изъ самыхъ серьезныхъ возраженій противъ гипотезы Лапласа основано на томъ обстоятельстве, что отношенія плотностей планетъ и солнца плохо съ ней согласуются. Правда, плотности планетъ Меркурія, Венеры, Земли и Марса довольно близки другъ къ другу и гораздо значительнѣе плотностей остальныхъ планетъ, для которыхъ, въ свою очередь, существуетъ извѣстное согласіе; но правильнаго уменьшенія плотностей съ увеличеніемъ разстоянія отъ солнца, котораго слѣдовало бы ожидать по гипотезѣ Лапласа, здѣсь не видно.

Другое возраженіе, которое не разъ высказывали противъ этой гипотезы, гораздо менѣе важно. Оно состоитъ въ томъ, что данная гипотеза не объясняетъ, почему мало-по-малу отдѣлявшіяся отъ солнца части потеряли способности къ самосвѣщенію, тогда какъ оставшаяся часть, какъ мы видимъ, до сихъ поръ сохраняетъ эту способность. На это просто можно отвѣтить, что солнце, какъ извѣстно, свѣтитъ благодаря своей высокой температурѣ, которую она обладаетъ еще и теперь, между тѣмъ какъ для планетъ, отличающихся гораздо меньшими размѣрами, процессъ охлажденія, которому подвержены всѣ тѣла нашей системы (§ 30), совершается гораздо быстрѣе.

Надо замѣтить, что Лапласъ совершенно не касается вопроса, какъ произошло само солнце, и ведетъ свои разсужденія только съ того момента, когда начали образовываться планеты. Кантъ, которымъ Германія имѣетъ полное право гордиться, уже около половины восемнадцатаго столѣтія въ своемъ сочиненіи «Всеобщая естественная исторія и теорія неба» помѣстилъ гипотезу о происхожденіи вселенной, гдѣ онъ исходитъ изъ тѣхъ же принциповъ, что и Лапласъ, но не начинаеть, какъ послѣдній, съ солнца, а разсматриваетъ вопросъ о происхожденіи всѣхъ небесныхъ тѣлъ. Теорія Канта является, такимъ образомъ, замѣчательнымъ дополненіемъ къ гипотезѣ Лапласа, и если въ той части ея, гдѣ говорится о происхожденіи планетъ, она стоитъ позади идей Лапласа, такъ



как во времена Канта свѣдѣнія о физических свойствахъ небесныхъ тѣлъ были весьма скудны, то все же объ гипотезы слѣдуетъ въ такихъ важныхъ пунктахъ, что нельзя не вспомнить Канта, говоря о первой удачной попыткѣ создать космогонію. Такимъ образомъ, приоритетъ въ этомъ вопросѣ принадлежитъ, безспорно, Канту.

\* § 66, а. **Новѣйшія воззрѣнія на происхождение небесныхъ тѣлъ.** Противъ гипотезы Лапласа въ ея первоначальномъ видѣ возможны и другія возраженія кромѣ тѣхъ, которыя были указаны въ предыдущемъ параграфѣ. Въ самомъ дѣлѣ, обратныя движенья спутниковъ Урана и Нептуна, равно какъ и вращенія этихъ планетъ съ востока на западъ, совершенно не согласуются съ гипотезой Лапласа въ ея простѣйшемъ видѣ. Точно также этой гипотезѣ противорѣчитъ быстрое движенье Фобоса вокругъ Марса. Согласно съ первоначальной гипотезой Лапласа, ни для одной планеты и ни для одного спутника время обращенія вокругъ центрального тѣла не можетъ быть короче, чѣмъ время вращенія этого послѣдняго вокругъ оси. Поэтому въ новѣйшее время гипотеза Лапласа подверглась нѣкоторымъ видоизмѣненіямъ, главнѣйшія изъ которыхъ мы здѣсь и разсмотримъ.

Прежде всего предположеніе, что первоначальная туманность представляла собою скопленіе раскаленной до весьма высокой температуры газа, какъ это думалъ Лапласъ, вовсе не является необходимымъ. Въ самомъ дѣлѣ, въ настоящее время мы знаемъ, что солнце могло достигъ той высокой температуры, которой оно обладаетъ теперь, вслѣдствіе постепеннаго сжатія солнечной массы, занимавшей первоначально весьма огромное пространство (часть II, § 129). Кромѣ того, первичная туманность могла и не находиться въ газообразномъ состояніи, а могла состоять изъ отдѣльныхъ жидкихъ или твердыхъ частичекъ, каждая изъ которыхъ была окружена газообразной оболочкой.

Далѣе, при не вполнѣ однородномъ распредѣленіи матеріи вдоль экватора вращающагося первичнаго туманнаго шара, отъ этого послѣдняго должны были

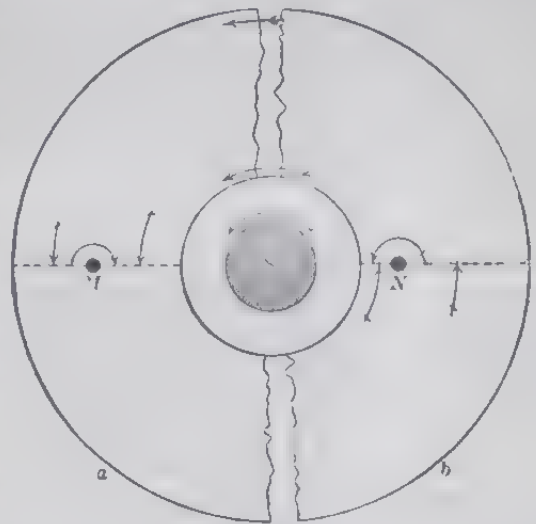


Рис. 270.

отдѣляться отдѣльные комки, а не цѣлыя кольца. Эти-то комки и давали начало планетамъ. Кольцо же могло отдѣлиться отъ первичной туманной массы только при вполнѣ однородномъ распредѣленіи матеріи вдоль экватора, образовавшагося на экваторѣ вслѣдствіе вращенія этой массы. А такъ какъ вполнѣ равномерно матерія могла распредѣлиться лишь въ исключительныхъ случаяхъ, то, слѣдовательно, и отдѣленіе кольца отъ солнца или отъ планеты должно относиться къ числу весьма рѣдкихъ явленій.

Затѣмъ, необходимо объяснить, какимъ образомъ для Урана и Нептуна получалось вращеніе съ востока на западъ, между тѣмъ какъ всѣ остальные планеты вращаются съ запада на востокъ.

Положимъ, что кольцо, образовавшееся вдоль экватора солнца  $S$ , обладаетъ всюду одинаковою плотностью (рис. 270, а). Въ такомъ случаѣ естественно всего предположить, что при образованіи планеты центръ ея займетъ точку  $M$ , равноотстоящую отъ вѣншнаго и внутренняго краевъ кольца. Но при дѣйствіи притягательной силы солнца кольцо, состоящее изъ бесконечно-большаго числа бесконечно-малыхъ частичекъ, должно двигаться вокругъ центрального тѣла, какъ рой спутниковъ, т.-е. частицы, ближайшія къ солнцу  $S$ , должны

обладать болѣею скоростью, а частицы, болѣе удаленныя, меньшую, что изображено на рис. 270 при помощи стрѣлокъ. Вслѣдствіе этого, сформировавшіяся планета, какъ это легко видѣть изъ рисунка, должна получить обратное вращеніе, если частицы, входящія въ составъ кольца, обладали прямымъ движеніемъ. Слѣдовательно, при такихъ условіяхъ образовались планеты Уранъ и Нептунъ.

Совершенно иныя явленія должны произойти въ томъ случаѣ, когда подъ дѣйствиемъ солнца частицы кольца уже успѣли расположиться такъ, что плотность кольца увеличится отъ вѣшняго края къ внутреннему. Въ этомъ случаѣ при образованіи планеты центръ ея, несомѣнно, займетъ точку *N*, находящуюся гораздо ближе къ внутреннему краю кольца, чѣмъ къ вѣшнему (рис. 270, *b*). Въ такомъ случаѣ преобладающее вліяніе на направленіе вращенія новой планеты будетъ принадлежать частицамъ кольца, лежащимъ вблизи вѣшняго его края. Слѣдовательно, вновь образовавшаяся планета, какъ не трудно видѣть изъ рисунка, будетъ обладать прямымъ вращеніемъ, если частицы кольца при своемъ движеніи вокругъ солнца обладали также прямымъ движеніемъ.

Объяснивъ такимъ образомъ обратное вращеніе Урана и Нептуна, мы уже безъ труда поймемъ, почему спутники этихъ планетъ должны обращаться вокругъ нихъ также въ обратномъ направленіи.

Впрочемъ, возможны и другія объясненія обратнаго вращенія Урана и Нептуна. Въ этомъ отношеніи достойна упоминанія гипотеза Фая. По его гипотезѣ планеты образовались изъ комковъ, оторвавшихся отъ первичной туманной массы. Пока въ этой туманной массѣ еще не было замѣтнаго сгущенія въ центрѣ, частицы туманности притягивались къ центру съ силой, прямо пропорціональной разстоянію, т.-е. сила притяженія выражалась формулой:

$$F = ar.$$

Послѣ же того, какъ въ центрѣ туманной массы произошло значительное уплотненіе вещества, т.-е. образовалось солнце, частицы туманной массы стали двигаться по законамъ Кеплера, и вновь образовавшееся солнце стало притягивать эти частицы съ силой, обратно пропорціональною квадрату разстоянія, т.-е. по закону всемирнаго тяготѣнія, который выражается формулой:

$$F = \frac{b}{r^2}$$

Въ промежуткѣ, когда солнце еще только формировалось, сила притяженія дѣйствовала по закону, который выражался формулой:

$$F = ar + \frac{b}{r^2}$$

Здѣсь *r* есть разстояніе притягиваемой частицы отъ центра туманности, *a* и *b* нѣкоторые коэффициенты, зависящіе отъ возраста туманности. При этомъ въ незапамятныя времена коэффициентъ *a* постоянно уменьшался отъ нѣкоторой опредѣленной величины до нуля, а коэффициентъ *b* въ то же время увеличивался отъ нуля до нѣкоторой опредѣленной величины, которую онъ сохраняетъ и въ настоящее время. Планеты, образовавшіяся изъ туманности въ то время, когда она находилась въ первоначальной стадіи развитія, т.-е. когда коэффициентъ *a* имѣлъ нѣкоторую замѣтную величину, а коэффициентъ *b* былъ близокъ къ нулю, получили прямое вращеніе, такъ какъ въ это время туманность вращалась вокругъ оси, проходящей черезъ ея центръ, какъ одно цѣлое, т.-е. частицы, ближайшія къ центру, обладали меньшею скоростью, а болѣе удаленныя частицы вращались съ болѣею скоростью. Планеты же Уранъ и Нептунъ, по гипотезѣ Фая, образовались уже послѣ того, какъ сформировалось солнце, т.-е. въ то время, когда коэффициентъ *a* былъ уже близокъ къ нулю, а коэффициентъ *b* достигъ нѣкоторой значительной величины. Въ это время частицы туманности обращались вокругъ образовавшагося уже солнца по зако-

намъ Кеплера, т.-е. ближайшія къ солнцу частицы обладали большею скоростью, а дальнѣйшія—меньшею. Этимъ вполне и объясняется обратное вращеніе планетъ Урана и Нептуна, которыя такимъ образомъ моложе всѣхъ остальныхъ планетъ и моложе солнца; всѣ же остальные планеты по времени образованія старше солнца.

Наконецъ, весьма важнымъ и интереснымъ дополненіемъ къ гипотезѣ образованія міровъ служатъ изслѣдованія Г. Дарвина, сына извѣстнаго естествоиспытателя, относящіяся къ приливному дѣйствию между центральнымъ тѣломъ и тѣломъ, обращающимся вокругъ него. Такое дѣйствіе возможно, конечно, только въ томъ періодѣ, пока оба тѣла еще не достигли абсолютно твердаго состоянія. Положимъ теперь, что время вращенія планеты вокругъ оси короче періода обращенія спутника вокругъ планеты; это могло произойти вслѣдствіе продолжающагося сжатія и уплотненія планеты послѣ отдѣленія отъ нея спутника. Въ такомъ случаѣ, подъ приливнымъ дѣйствіемъ, обусловливаемымъ взаимнымъ притяженіемъ этихъ тѣлъ, движеніе спутника должно все время ускоряться, а вращеніе планеты замедляться. Въ подобныхъ взаимныхъ соотношеніяхъ находятся земля и луна, но для нихъ указанныя ускореніе и замедленіе въ настоящее время практически совершенно незамѣтны.

Въ подобной системѣ, въ концѣ концовъ, должно наступить равенство времени вращенія планеты вокругъ оси и періода обращенія спутника вокругъ планеты. Напр., въ системѣ Марса, вслѣдствіе малости его спутниковъ, такое равенство должно было наступить сравнительно скоро послѣ отдѣленія спутниковъ отъ главной планеты. Но послѣ этого треніе солнечнаго прилива продолжало уменьшать угловую скорость вращенія Марса. Такимъ образомъ, въ приливномъ дѣйствіи можно искать причину того, что время обращенія Фобоса вокругъ Марса короче времени вращенія Марса вокругъ оси.

Наконецъ, приливнымъ же дѣйствіемъ объясняется то обстоятельство, что луна совершаетъ полный оборотъ вокругъ оси въ такой же промежутокъ времени, въ какой она описываетъ полный кругъ вокругъ земли.

Впрочемъ, необходимо замѣтить, что періоды, въ теченіе которыхъ приливное дѣйствіе оказываетъ влияние на движеніе того или другого тѣла, весьма велики, ихъ надо считать, вѣроятно, милліонами лѣтъ.

Наконецъ, Си привѣдъ теоретическіе выводы Г. Дарвина къ звѣзднымъ системамъ и показалъ, что вообще во вселенной болѣе вѣроятны системы двойныхъ звѣздъ, чѣмъ системы, состоящія изъ одной звѣзды и нѣсколькихъ планетъ, подобно нашей планетной системѣ.

Въ заключеніе этого параграфа нельзя не упомянуть о метеоритной гипотезѣ Локьера. По мнѣнію этого ученаго, всѣ небесныя тѣла не образовались изъ первичной газообразной туманности вслѣдствіе уплотненія вещества, а скорѣе представляютъ собою скопленіе большого числа метеоритныхъ частичекъ. Правда, такое мнѣніе не ново, но заслуга Локьера заключается въ томъ, что онъ старался обосновать свое мнѣніе при помощи спектральнаго анализа, и онъ полагаетъ, что въ спектрахъ метеоритовъ, изслѣдованныхъ имъ при различныхъ условіяхъ, ему удалось найти объясненіе спектровъ кометъ, туманностей, звѣздъ различныхъ типовъ, сѣвернаго сиянія и зодіакальнаго свѣта. По мнѣнію Локьера, въ туманностяхъ отдѣльныя метеоритныя частички отстоятъ другъ отъ друга настолько далеко, что столкновеніе между ними должно принадлежать къ числу весьма рѣдкихъ явленій. Затѣмъ, промежутки между отдѣльными метеоритными частичками постепенно уменьшаются, и при дальнѣйшемъ развитіи небесное тѣло изъ туманности обращается въ звѣзду. Температура звѣзды сначала медленно растетъ, достигаетъ своей наибольшей величины, послѣ чего снова начинаетъ падать, и, въ концѣ концовъ, звѣзда обращается въ темное тѣло, т.-е. въ планету. О метеоритной гипотезѣ Локьера отчасти мы уже имѣли случай говорить при объясненіи природы переменныхъ звѣздъ (часть II, § 200) Необходимо за-

мѣтить, что эта гипотеза въ настоящее время имѣетъ свои слабыя стороны, и потому пока она еще не увнчгожаетъ прежнихъ гипотезъ, но, тѣмъ не менѣе, она заслуживаетъ полнаго вниманія со стороны астрономовъ.\*

§ 67. **Общія замѣчанія относительно прочности системы міра.** Мы открыли въ-сколько свойствъ нашей солнечной системы, позволившихъ намъ, по крайней мѣрѣ, съ наибѣтней вѣроятностью, сдѣлать нѣкоторые заключенія о томъ состояніи, въ которомъ она находилась въ эпоху, безъ сомнѣнія, весьма отдаленную отъ начала истории человечества на землѣ. Не могутъ ли какія-нибудь другія ея свойства позволить намъ приподнять завѣсу, скрывающую отъ насъ ея судьбу въ темномъ будущемъ, по крайней мѣрѣ, настолько, чтобы вывести увѣренность въ прочности этого великаго и чуднаго зданія? Если мы выйдемъ со всѣмъ живущимъ на землѣ снова должны обратиться въ прахъ, изъ котораго мы созданы, и если мы безропотно покоряемся этой участи, общей всѣмъ живымъ существамъ, то все же намъ хотѣлось бы думать, что и послѣ того, какъ мы сойдемъ со сцены, непрерывный рядъ другихъ существъ будетъ наслаждаться жизнью на тѣхъ же самыхъ под-моеткахъ, и что небо, разстилающееся надъ нами, будетъ существовать и послѣ насъ, и что солнце и луна, которыя часто такъ ласково озаряли насъ при жизни, будутъ осмѣ-пять также цвѣты, которые расцвѣтутъ когда-нибудь на нашихъ могилахъ.

Нѣтъ нужды напоминать, что при изслѣдованіяхъ такого рода не можетъ быть и рѣчи о катастрофахъ, которыя могутъ произойти вѣлѣдствіе непредвидѣннаго вмѣшательства внѣшнихъ силъ. Возможно, что когда-нибудь вся наша система, подобно новой звѣздѣ въ созвѣздіи Кассіопеи, загорится и вспыхнетъ отъ неизвѣстной намъ причины, такъ что отъ всего, что насъ теперь окружаетъ, не останется никакого слѣда. Такія катастрофы не имѣютъ ни малѣйшей связи съ естественнымъ разрушеніемъ, которое можетъ наступить со временемъ и которое можно предвычислить; о немъ только мы и будемъ здѣсь говорить. Если человѣкъ убьетъ молниѣ, то отсюда нельзя вывести никакого заключенія о долговѣчности всего человечества. Но то обстоятельство, что у всѣхъ людей и вообще у всѣхъ живыхъ существъ тѣло постепенно старѣетъ и изнашивается, заставляетъ насъ опасаться окончательнаго прекращенія человеческого рода. Нѣтъ ли какихъ-нибудь признаковъ, по которымъ мы могли бы заключить, что и этотъ великій удивительный механизмъ, окружающій насъ, хотя бы въ самомъ отдаленномъ будущемъ, придетъ въ расстройство и прекратить свое существованіе?

Оставивъ вопросъ такимъ образомъ, мы прежде всего должны ближе рассмотретьъ тѣ возмущенія, которымъ подвержены тѣла, составляющія нашу солнечную систему. Выше мы уже видѣли (§ 46), что возмущенія эги бывають двухъ родовъ: періодическія, измѣняющія мѣсто планеты на ея орбитѣ, и вѣковыя, измѣняющія съ теченіемъ времени видъ и положеніе самихъ орбитъ. Первыя, очевидно, не могутъ быть причиной разрушенія всей системы, вторыя же могли бы, и это непременно случилось бы, если бы измѣненія орбитъ все время происходили въ одночъ и томъ же направлеіи. Но мы уже не разъ указывали, что на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ, и что вѣковыя возмущенія также имѣють извѣстный періодъ. Однако, въ виду большой важности этого вопроса, мы рассмотримъ его подробно.

Мы уже рнше (часть I, § 82) говорили, что орбита каждой планеты или кометы определяется 6-ю элементами, по которымъ ее можно узнать и отличить отъ всѣхъ другихъ орбитъ. Эти элементы суть слѣдующіе: 1) большая ось или время оборота, 2) эксцентриситетъ, 3) наклонность орбиты, 4) долгота перигелія, 5) долгота узла и 6) эпоха или положеніе планеты на ея орбитѣ въ данный моментъ времени.

Нѣтъ подобности здѣсь останавливаться подробно на томъ, что послѣдніе три элемента не могутъ оказывать никакого вліянія на прочность системы. Равновѣсіе ея также мало зависитъ отъ того, въ какую сторону неба направлены большія оси планетныхъ

орбитъ, или по какой линіи плоскости эллипъ орбитъ пересѣкаются съ плоскостью эклиптики, какъ и отъ положенія планетъ на ихъ орбитахъ въ тотъ или другой моментъ времени.

Совсѣмъ иначе обстоятъ дѣло съ первыми тремя изъ названныхъ элементовъ. Большая ось не должна измѣняться въ одномъ и томъ же направленіи, потому что такое непрерывное возрастаніе или уменьшеніе ея могло бы кончиться тѣмъ, что планета совсѣмъ ушла бы изъ системы или упала бы на солнце. Точно также для дальнейшей безопасности системы необходимо, чтобы измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей орбитъ были заключены въ известныхъ предѣлахъ. Если бы, напримѣръ, эксцентриситетъ земной орбиты съ теченіемъ времени непрерывно возрасталъ, т.-е. если бы орбита дѣлалась все болѣе и болѣе вытянутой, или если бы луна въ своемъ движеніи все ближе и ближе подходила къ землѣ, то въ первомъ случаѣ, какъ мы уже видали (§ 62), годовыя измѣненія температуры на поверхности земли совершенно измѣнили бы свой характеръ, а во второмъ луна, въ концѣ концовъ, упала бы на землю. Если бы такому же измѣненію подверглись эксцентриситеты орбитъ другихъ планетъ, то многія изъ нихъ по временамъ очень близко подходили бы къ землѣ, вслѣдствіе чего морскіе приливы затопили бы иногда всю землю, и неминуемое, въ концѣ концовъ, столкновеніе нашей земли съ какимъ-нибудь другимъ небеснымъ тѣломъ нарушило бы на обоихъ тѣлахъ всякій порядокъ, а можетъ-быть, разрушило бы и самыя планеты.

§ 68. **Неизмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ** Итакъ, мы выяснили, что для прочности нашей солнечной системы чрезвычайно важно, чтобы 3 элемента: большая полуось, эксцентриситетъ и наклонность орбитъ, не претерпѣвали возмущеній, накаплиющихся съ теченіемъ времени. Что касается большихъ полуосей орбитъ, то въ 1773 г. Лапласъ сдѣлалъ въ высшей степени важное открытіе — воиолнѣ подтвержденное потомъ Лагранжемъ, Пуассономъ, Радо и Писсераномъ, а именно, что если въ общее аналитическое выраженіе вѣковыхъ возмущеній большой оси подставить числа, соответствующія отдельнымъ планетамъ, то всѣ члены этого выраженія взаимно сокращаются, откуда слѣдуетъ, что, несмотря на дѣйствіе другихъ планетъ, большая ось такимъ возмущеніямъ совсѣмъ не подвержена, т.-е. что изъ всѣхъ элементовъ орбитъ она одна неизмѣнна. Это обстоятельство, необходимое для устойчивости солнечной системы, обуславливается причиной, на первый взглядъ совершенно незначительной и даже случайной.

Времена оборотовъ всѣхъ планетъ несоизмѣрмы между собою, т.-е. нельзя подобрать два времени оборота такихъ, чтобы ихъ отношеніе къ точности равнялось отношенію двухъ цѣлыхъ чиселъ. Въ этомъ и заключается тайна природы, та тонкая нить, на которой держится прочность планетной системы.

Напримѣръ, время оборота Юпитера составляетъ около 4333, а Сатурна — около 10759 дней; эти числа относятся между собою приблизительно, какъ 2 и 5. Если бы ихъ отношеніе въ точности равнялось отношенію 2 : 5, напримѣръ, если бы первое число было 4312, а второе 10780, то вслѣдствіе этого появились бы вѣковыя измѣненія осей орбитъ обоихъ планетъ: одна изъ осей постоянно возрастала бы, а другая постоянно уменьшалась бы, вслѣдствіемъ чего было бы окончательное разрушеніе двухъ величайшихъ планетъ нашей солнечной системы. Въ самомъ дѣлѣ, уже вслѣдствіе того, что отношеніе временъ оборотовъ только приблизительно равно 2 : 5, въ движеніи обоихъ планетъ происходятъ взаимныя возмущенія, достигающія весьма значительной величины, а именно для Сатурна возмущеніе доходитъ до 49'. Поэтому, очевидно, что эти возмущенія были бы гораздо больше, если бы существующее отношеніе еще ближе подходило къ отношенію 2 : 5. Выше (§ 52) мы уже говорили о значительныхъ возмущеніяхъ обоихъ планетъ, происходящихъ отъ этой причины, и указали, что они заключаются между известными предѣлами, и что полный періодъ этихъ возмущеній равенъ 930 годамъ. Чѣмъ ближе подходило бы отношеніе оборотовъ къ отношенію чиселъ 2 : 5, тѣмъ шире становились бы эти

предѣлы, и тѣмъ длиннѣе былъ бы періодъ возмущеній, пока, наконецъ, не ослабѣла бы уда, удерживающая обѣ величайшія планеты нашей солнечной системы на ихъ орбитахъ, и не наступила бы неминуемая гибель всей системы.

§ 69. **Измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ тѣсныхъ предѣлахъ** Аналитическій выводъ въковыхъ возмущеній, которымъ подвержены 3 элемента: долгота перигелія, долгота восходящаго узла и долгота эпохи, приводитъ къ рядамъ, каждый изъ которыхъ содержитъ членъ, непрерывно возрастающій съ теченіемъ времени, вѣдствие чего какъ перигелій, такъ и узлы могутъ со временемъ прити въ любую точку окружности. Такъ и бываетъ на самомъ дѣлѣ, но въ этомъ, какъ мы уже сказали, нѣтъ ни малѣйшей опасности для прочности системы.

Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло съ въковыми возмущеніями остальныхъ двухъ элементовъ: эксцентриситета и наклонности. Лапласъ, которому мы обязаны многими важными открытіями въ этой высшей области астрономіи, вывелъ два условныхъ уравненія, опредѣляющихъ прочность планетной системы Въ настоящемъ сочиненіи мы не можемъ познакомить читателей съ выводомъ этихъ уравненій, но, во всякомъ случаѣ, они слишкомъ важны и интересны, чтобы можно было обойти ихъ молчаніемъ.

Возьмемъ произведение массы какой-нибудь планеты, напримѣръ, Меркурія, на квадратъ его эксцентриситета и на корень квадратный изъ его большой оси. Обозначимъ это произведеніе для Меркурія буквою  $a$ , для Венеры буквою  $a'$ , для Земли  $a''$  и т. д. Вычисления показываютъ, что сумма величинъ  $a, a', a'', \dots$  не измѣняется съ теченіемъ времени, т. е. представляетъ собою постоянную величину. Наблюденія показываютъ, что массы планетъ, если за единицу принять массу солнца, и квадраты эксцентриситетовъ суть для всѣхъ планетъ величины очень малыя; поэтому въ каждая изъ величинъ  $a, a', a'', \dots$  а слѣдовательно, и сумма ихъ будутъ величинами малыми. А такъ какъ эта сумма не измѣняется съ теченіемъ времени, то и отдѣльные члены ея всегда должны оставаться очень малыми. Но члены эти составлены изъ массъ и большихъ полуосей орбитъ, которыя, какъ извѣстно, не мѣняются, и, наконецъ, изъ эксцентриситетовъ орбитъ, которые, такимъ образомъ, всегда должны быть величинами очень малыми, конечно, только въ томъ случаѣ, если всѣ члены  $a, a', a'', \dots$  будутъ одного знака. Дѣйствительно, если бы хоть одинъ изъ членовъ имѣлъ противоположный знакъ, то всѣ предыдущія разсужденія, очевидно, были бы неправоподобны. Два любыхъ члена, изъ которыхъ одинъ имѣлъ бы положительный, а другой отрицательный знакъ, могли бы тогда стремиться къ безконечности, и все-таки сумма ихъ могла бы остаться весьма малой величиной. Но это обстоятельство не можетъ имѣть мѣста въ нашей планетной системѣ, такъ какъ всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи. Въ этомъ случаѣ изъ двухъ знаковъ, которые имѣетъ великій квадратный корень, а слѣдовательно, и упомянутый корень изъ большой оси, для всѣхъ членовъ долженъ быть взятъ одинъ и тотъ же.

Совершенно подобное же уравненіе связываетъ и наклонъ оси орбитъ къ плоскости эклиптики. Если произведеніе массы планеты на квадратъ тангенса (часть I, § 39) наклонности и на квадратный корень изъ большой оси для этой планеты обозначимъ буквою  $b$ , для другой буквою  $b'$ , для третьей  $b''$  и т. д. то анализъ показываетъ, что сумма величинъ  $b, b', b'', \dots$  для нашей системы не мѣняется съ теченіемъ времени. Но наблюденія показали, что эта сумма величина очень малая, и, слѣдовательно, какъ она сама, такъ и отдѣльные ея слагаемыя навсегда останутся величинами малыми. Последнее заключеніе мы опять-таки выводимъ, основываясь на томъ обстоятельстве, что движеніе всѣхъ планетъ направлено въ одну и ту же сторону, а потому всѣ члены  $b, b', b'', \dots$  должны имѣть одинаковые знаки.

Итакъ, измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ, а большія оси этихъ орбитъ всегда сохраняютъ постоянную

величину. Но мы уже говорили, что отъ постоянства этихъ 3 элементовъ и зависитъ, главнымъ образомъ, безопасность нашей планетной системы и сохраненіе порядка внутри нея въ будущемъ. Такимъ образомъ, на этой системѣ лежитъ отпечатокъ ненарушимой прочности. Это достигается, главнымъ образомъ, двумя средствами, которыя на первый взглядъ могутъ показаться маловажными: во-первыхъ, тѣмъ, что большія оси, или, что то же, времена оборотовъ планетъ, несоизмѣримы между собою (§ 68), а во-вторыхъ, тѣмъ, что движеніе всѣхъ планетъ вокругъ солнца совершается въ одномъ и томъ же направленіи.

§ 70. Другія причины устойчивости солнечной системы. Другая, сразу бросающаяся особенность нашей планетной системы, которая также содѣйствуетъ ея устойчивости, состоитъ въ томъ, что, какъ было уже замѣчено раньше, государство солнца не только въ своемъ цѣломъ, но и въ отдѣльныхъ частяхъ, имѣетъ монархическій образъ правленія. Солнце, являющееся центромъ движенія планетъ, болѣе, чѣмъ въ 700 разъ превосходитъ ихъ всѣхъ своею массою, а следовательно, и силою, и такое же превосходство замѣчается у всѣхъ главныхъ планетъ по отношенію къ ихъ спутникамъ. Масса земли въ 80 разъ больше массы луны, а масса Юпитера въ 6000 разъ превышаетъ массу всѣхъ его спутниковъ. Поэтому притяженіе планетъ солнцемъ и спутниковъ ихъ главными планетами такъ сильно, что въ этомъ государствѣ не можетъ произойти настолько значительныхъ возмущеній, чтобы можно было опасаться общаго разрушенія, или даже большихъ безпорядковъ. Если бы, напримѣръ, Юпитеръ вдругъ исчезъ изъ системы, то спутники его, которые теперь въ такомъ порядкѣ движутся вокругъ него, сразу разлетѣлись бы по всему пространству: одинъ сталъ бы описывать эллипсъ вокругъ солнца, другой удалился бы отъ него по гиперболической орбитѣ и т. д. Но существованіе могущественныхъ силъ, перебивающихъ всѣ остальные, является опорой для безопасности системы, сохраняя расположеніе ея отдѣльныхъ частей и не допуская возникновенія значительныхъ возмущеній въ ея движеніяхъ.

На нашей землѣ также лежитъ отпечатокъ прочности и долговѣчности. Признаками этого являются, главнымъ образомъ, устойчивость полюсовъ на земной поверхности и подтвержденное тысячами наблюдений равновѣсіе морей, покрывающихъ большую часть нашей земли. Оба эти явленія, необходимыя для сохраненія органической жизни на землѣ, можно разсматривать какъ простой результатъ вращенія земли вокругъ оси въ связи съ общей для всѣхъ тѣлъ силой тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, вѣдѣтвіе вращенія вокругъ оси земля сжата у полюсовъ, и это сжатіе сдѣлало ось вращенія земли свободной (§ 20) и неизмѣнной. Подъ дѣйствіемъ же силы тяготѣнія плотность земли должна сильно увеличиваться отъ поверхности къ центру, такъ что средняя плотность земли далеко превосходитъ плотность морской воды, а этого достаточно, чтобы море постоянно оставалось въ равновѣсіи и приливы его не достигали сколько-нибудь значительной величины.

Разсматривая подробнѣе этотъ вопросъ, мы замѣчаемъ въ устройствѣ нашей системы еще нѣсколько особенностей, ведущихъ къ той же цѣли теоретическаго, однако, ихъ объяснить нельзя, а потому онѣ имѣютъ скорѣе случайный характеръ. Такъ, напримѣръ, изъ старыхъ планетъ Меркури и Марсъ обладаютъ нѣкоторыми особенностями по наименьшимъ массамъ; у малыхъ планетъ экваториальныя широты довольно значительны, но за то массы въ высшей степени малы. Если бы экваториальныя орбиты и ближайшей изъ планетъ, Юпитера, были такой же, какъ у Иона или Паллады, то это было бы очень неблагоприятно для устойчивости нашей солнечной системы. Почти кругообразныя теперь пути земли и другихъ мелкихъ планетъ, подъ вліяніемъ неравномернаго притяженія Юпитеромъ, могли бы видѣть сильно изогнутыхъ эллипсовъ, и планеты или упали бы на солнце или, все болѣе удаляясь отъ него, исчезли бы въ мировомъ пространствѣ. Еще болѣе бросается въ глаза подобнаго же состояніе большихъ экваториальностей съ очень малыми массами у кометъ, если бы послѣднія обладали значительными массами то, при

своимъ числѣмъ и при самыхъ разнообразныхъ направлѣнiяхъ движенiя онѣ оказали бы разрушительное дѣйствiе на нашу солнечную систему.

Замѣтимъ, что по изслѣдованiямъ Леверье, наклонности и эксцентриситета малыхъ планетъ также лишь незначительно могутъ являться отъ возмущенiй со стороны другихъ планетъ, и, следовательно, въ будущемъ они сохранятъ значенiя, близкiя къ тѣмъ, которыя имѣютъ теперь. Однако, это справедливо только по отношенiю къ тѣмъ планетамъ, для которыхъ среднее разстоянiе отъ солнца превышаетъ большую ось орбиты Марса. Что же касается астероидовъ, орбиты которыхъ лежали бы между Марсомъ и двойнымъ разстоянiемъ земли отъ солнца, то они не могли бы обладать устойчивостью въ томъ смыслѣ, въ какомъ это слово употребляется въ небесной механикѣ. При этомъ въ высшей степени замѣчательно, что находятъ астероиды у самой границы устойчивости, указанной теорiей, по другую же сторону этой границы не было найдено ни одного, за исключенiемъ Эроса. Но такъ какъ та же самая причина, которая послужила къ образованiю множества астероидовъ съ среднимъ разстоянiемъ, превосходящимъ двойное разстоянiе отъ земли до солнца, могла бы дать начало астероидамъ также и по другую сторону этой границы, то отсутствiе ихъ можно объяснить только тѣмъ, что всѣ они мало-по-малу покинули солнечную систему.

§ 71. **Необходимое ограниченiе вышеприведенныхъ соображенiй.** Распространенiе свѣта въ мировомъ пространствѣ указываетъ намъ на то, что оно не можетъ быть абсолютно пустымъ, а должно быть занежено матерiей, хотя бы крайне разрѣженной. Тѣла планетъ настолько плотны, что мы до сихъ поръ не могли замѣтить сопротивленiя, оказываемаго имъ движенiю этой средой, да и для кометъ, гораздо менѣе плотныхъ, до сихъ поръ не удалось неопровержимымъ образомъ доказать существованiе этого сопротивленiя. Однако, вычисленiя показываютъ, что подъ влиянiемъ такой сопротивляющей среды большiя оси орбитъ, а следовательно, и времена оборотовъ планетъ вокругъ солнца должны непрерывно уменьшаться, такъ что, въ концѣ концовъ, всѣ планеты упадутъ на солнце. Если бы скорость Юпитера за миллионъ лѣтъ могла увеличиться на  $1/10000000$  своей величины, то только черезъ 70 миллионовъ лѣтъ она увеличилась бы на  $1/10000$ , а для того, чтобы первоначальная скорость этой планеты удвоилась, потребовался бы промежутокъ времени еще въ 700 разъ большiй. Но какъ ни великъ этотъ периодъ, все же съ теченiемъ времени планета будетъ мало-по-малу приближаться къ солнцу и, въ концѣ концовъ, упадетъ на него. Точно также со временемъ, черезъ много миллионныя лѣтъ, время оборота земли сдѣлается равнымъ только половинѣ или еще меньшей части своей теперешней величины, и, въ концѣ концовъ, какъ земля, такъ и всѣ планеты сольются съ солнцемъ, изъ котораго онѣ произошли.

Мы видимъ, следовательно, что хотя вышеупомянутыя замѣчательныя соотношенiя, наблюдаемыя нами въ солнечной системѣ, убѣждаютъ насъ въ ея прочноти, и хотя внутри этой системы мы не замѣчаемъ никакихъ признаковъ будущаго разрушенiя, все же эта прочноть не вѣчная. Мы конечно, не можемъ похвастаться, что вполнѣ постигли внутреннее устройство вселенной, но мы видимъ, что всему окружающему насъ на землѣ назначенъ опредѣленный и чѣто весьма короткiй срокъ существованiя, во теченiи котораго всѣ предметы разрушаются и уже въ прежнемъ видѣ не возрождаются. Каждая зима уничтожаетъ чудную картину нашихъ полей. Многочисленныя семейства и цѣлыя виды животныхъ гибнутъ безслѣдно, цѣлыя народы, влѣтующiя надъ миромъ нации проходятъ передъ нами, какъ картины волшебнаго фонаря, и все, все, что насъ окружаетъ здѣсь внизу, множителю временемъ и неустойчиво стремится къ неизбежному концу, къ уничтоженiю и разрушенiю. Земля наша покрыта ринами и прахомъ растений и животныхъ противъ мiра и придетъ время, когда вершины и главные города Европы исчезнутъ съ лица земли, какъ теперь Вавилонъ и Карфагенъ, такъ что и слѣды ихъ будутъ еле замѣтны.

Но ужасъ же земли и раскинувшейся надъ нею небо должны составлять исключенiе



изъ этого, повидимому, общаго, закона природы, разрушительное дѣйствіе котораго мы замѣчаемъ повсюду вокругъ себя? Какое имѣемъ мы право предъявлять подобныя требованія? Какое право имѣемъ мы требовать вѣчнаго существованія нашего жилища, когда сами мы вчера только появились на немъ, а завтра насъ уже не будетъ? Развѣ мы не видѣли, какъ на небѣ исчезали звѣзды и старали цѣлыя солнечныя системы? Но истинѣ ужасныя зрѣлища, въ сравненіи съ которыми являются совершенно ничтожными наши наводненія и землетрясенія, уничтожающія тысячи людей въ какой-нибудь часъ. Но какъ ни величественны такія катастрофы, онѣ только кажутся намъ громадными, потому что сами мы ничтожно малы. Тамъ же, наверху, мѣряя другою мѣрою, и вся наша планетная система, даже весь нашъ млечный путь, является только незамѣтной точкой безконечной вселенной.

А если это такъ, то смѣемъ ли мы роптать, что и земля наша, представляющая ничтожную точку въ сравненіи съ остальной планетной системой, подобно плодамъ нашихъ полей, выполняя свое назначеніе, должна зрѣть и старѣться, и что, можетъ-быть, тѣ же силы, которыя ее создали и такъ долго поддерживали, когда-нибудь разрушатъ ее? Развѣ сами мы и все нѣтъ окружающее, не исключая и самой земли, не обязаны своимъ существованіемъ стихіямъ? И если эти стихіи проснутся и потребуютъ назадъ то, что имъ принадлежитъ, если огонь, вода и вѣтеръ, сдѣлавшіе нашу землю обитавшей и плодородной, иди дальше, начнутъ ее мало-по-малу разрушать, если солнце такъ долго освѣщавшее и согревавшее насъ, столько тысячелѣтій растившее все живое и управлявшее имъ своими золотыми возжами, въ концѣ концовъ, снова притянетъ въ свои пылающія нѣдра составившуюся землю, которая не будетъ въ состояніи удержаться, если даже и само солнце, царица нашихъ дней, отживши своей вѣкъ и выполнивъ свое назначеніе, въ концѣ концовъ, погаснетъ и исчезнетъ изъ ряда небесныхъ тѣлъ, то, сколь бы ужаснымъ это намъ ни казалось, все же тогда случится только то, что должно случиться.

Въ самомъ дѣлѣ, повсюду, гдѣ мы замѣчаемъ зарожденіе, ростъ и увеличеніе, должны существовать также убыль и смерть, и вездѣ, гдѣ есть прогрессъ, долженъ быть и упадокъ, по крайней мѣрѣ, видимый упадокъ, измѣненіе вида и формы. Все вещественное, т.-е. все преходящее, стремится наперѣчь своему уничтоженію, и никакая сила не можетъ удержать его отъ этого. И какъ теперь по вершинамъ нашихъ горъ и въ подземныхъ глубинахъ разсыяны окаменѣлости и остатки растений и животныхъ давно исчезавшаго древняго міра, такъ будутъ со временемъ разсыяны надъ нами безжизненные обломки великаго небеснаго строенія. Это солнце, эти звѣзды погаснутъ, и отъ нихъ наверху, какъ отъ памятниковъ древности здѣсь внизу, не останется никакихъ слѣдовъ. Эти небесныя цвѣты оцвѣтутъ и опадутъ, какъ увядшіе листья, шуршаки вѣтровъ, и та же волна, которая такъ долго носила ихъ по поверхности океана, уречетъ ихъ со временемъ въ его глубину, въ пучину вѣчной ночи, чтобы дать мѣсто новому дню.

## ЧАСТЬ IV.

### Наблюдательная астрономія.

или

#### описаніе и употребленіе астрономическихъ инструментовъ.

§ 1. Предварительныя замѣчанія. До сихъ поръ мы знакомили читателей съ главнѣйшими результатами, добытыми астрономами относительно небесныхъ дѣлъ и относительно ихъ движенія, и мы думаемъ, что у читателя не разъ являлось желаніе ближе познакомиться съ тѣми средствами, которыя помогли астрономамъ получить все эти свѣдѣнія. Но этому поводу надо прежде всего замѣтить, что все наши знанія основаны на наблюденіяхъ; только благодаря имъ мы узнали то, что существуетъ ивъ насъ, только благодаря наблюденіямъ мы знакомимся съ окружающею насъ природою.

Но очевидно, что точность нашихъ наблюденій можетъ быть сильно увеличена благодаря цѣлесообразному устройству инструментовъ. Поэтому мы прежде всего скажемъ нѣсколько словъ о томъ, насколько важенъ вопросъ о соотвѣстномъ устройствѣ инструментовъ именно въ астрономіи

Главная задача астрономовъ состоитъ въ наблюденіи и измѣрени условныхъ разстояній между небесными свѣтилми, что въ настоящее время можно сдѣлать съ точностью до секунды дуги. Между тѣмъ у древнихъ наблюдателей, а именно у грековъ александрийской школы и у арабовъ, сколько старанія и усердія они ни употребляли и сколько денегъ ни затрачивали на свои болшия и дорого-стоющие инструменты, ошибка наблюденій почти всегда превосходила 10 минутъ, и они должны были довольствоваться этою ошибкой, потому что въ ихъ распоряженіи не было средствъ достигнуть болшей точности. Да и къ чему имъ послужило бы оглашаваніе отдѣльныхъ секундъ на ихъ инструментахъ, когда они не могли различить на небѣ дугу въ нѣсколько минутъ?

Но все это сдѣлалось же измѣнилось, какъ только были изобрѣтены зрительная труба и основанныи на томъ же принципѣ микроскопъ, и какъ только явилась счастливая мысль снабдить астрономические инструменты этими двумя оптическими приборами. Это прекрасно и вѣднѣйшей степени полезное открытіе, которымъ сдѣлалось гордиться человеческой гени, расширило пределы нашихъ знаній объ окружающею насъ природѣ. съ одной стороны почти до бездонности и сдѣлало доступными нашимъ чувствамъ тѣмъ предметы, которые или вследствие огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ ихъ отъ насъ, или вследствие своей малости раньше были незвидимы, теперь же они вошли въ кругъ нашихъ наблюденій. Особенно же важнымъ это изобрѣтеніе оказалось для астрономіи, гдѣ оно навсегда отмѣнило самую замѣчательную эпоху. Отнынѣ явилась возможность ясно различать на вѣдномъ небѣ дугу въ одну или нѣсколько секундъ, а при помощи соотвѣстнаго ей астрономическими инструментами микроскопа точно измѣрять самыя маленькіе углы. Но для этого было необходимо снабжать инструменты такими дѣлениями,

чтобы было возможно точно определять незначительные, раньше даже совершенно недоступные для наблюдения дуги и углы. Каждая ошибка в нанесении этих делений, каждая малейшая неточность в устройстве самого инструмента, которую предшественники наши не могли даже заметить, все это теперь не только стало заметным, но и оказывало вредное влияние на наблюдения. Одно невольное движение руки механика, незначительная неточность тьх приспособлений, которыми мастер пользуется для нанесения делений, уже делают изготовленный им инструмент неподходящим для употребления, так как он не соответствует более той точности, которая требуется современным состоянием науки. Теперь, следовательно, трудность заключалась в том, что техника развивалась

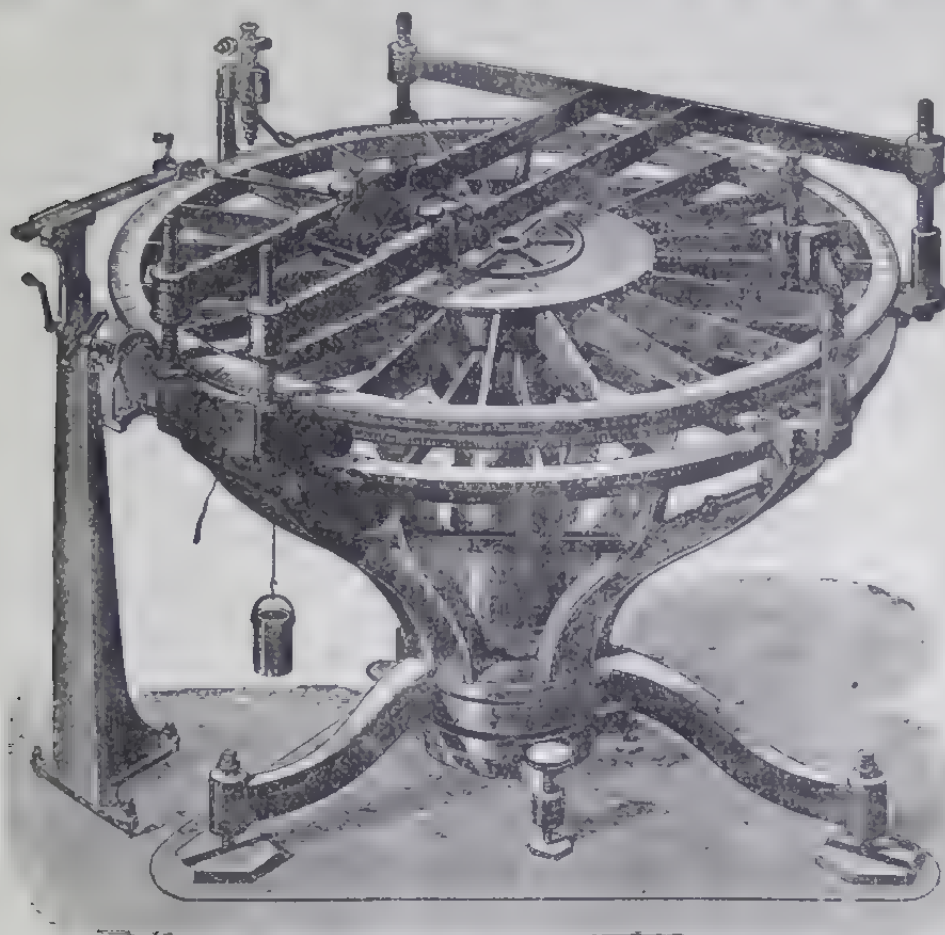


Рис. 271.

механике астрономии, и механики, изготовлявшие астрономические инструменты, темо не могли удовлетворить требованиям науки. Сьпервоо взгляда кажется совершенно нетрудным изготовить на станке круглую металлическую пластинку, разделить ее окружность на 360 равных частей, каждый из этих интервалов разделить еще на несколько равных промежутков, насадить затем этот разделенный круг на ось, проходящую радиально через его центр, и установить в требуемом положении. Но в практическом отношении эта задача является одной из самых трудных во всей механике: это можно видеть уже из того, что, несмотря на все усилия и несмотря на громадные денежные затраты, только во второй половине восемнадцатого столетия, удалось дать удовлетворительное решение этой задачи, причем для нанесения делений на круги употре-

ляются так называемыя дѣлительныя машины, подобныя той, которая изображена на рис. 271. Поэтому стоить нѣсколько подробнее остановиться на тѣхъ затрудненіяхъ, которыя приходится при этомъ преодолевать.

Если, напримеръ, нужно раздѣлить окружность круга на отдѣльныя секунды, то на нее должны быть нанесены 1296000 штриховъ или точекъ, взаимное разстояніе между которыми должно быть вездѣ одно и то же. Если діаметръ круга равенъ 1 метру (круги большаго размѣра по многимъ причинамъ никогда не изготовляются), то длина его окружности составляетъ 3.14159 метровъ (часть 1, § 6) или круглымъ числомъ 3140 миллиметровъ; поэтому, если эту окружность требуется раздѣлить на секунды, то на каждый миллиметръ нужно нанести 400 штриховъ, такъ что разстояніе между двумя соседними штрихами должно быть равно  $\frac{1}{400}$  миллиметра! Эта величина уже настолько мала, что ее можно различать лишь въ очень сильныя микроскопы, если даже оставить въ сторонѣ совершенную невозможность нанесенія этихъ штриховъ, которые должны быть необыкновенно тонки. Даже и въ томъ случаѣ, когда дѣлать такой кругъ только на минуты, все же на каждый миллиметръ приходится отъ 6 до 7 штриховъ! И какой колоссальный трудъ должно представлять нанесеніе на окружность круга 21600 штриховъ или точекъ, такъ, чтобы каждый изъ штриховъ находился какъ-разъ въ томъ мѣстѣ, которое ему назначено, т.-е. былъ нанесенъ съ точностью до  $\frac{1}{400}$  миллиметра, что необходимо, если его положеніе должно быть вѣрно до 1". Еще никогда изъ рукъ человѣка не выходилъ такой приборъ, который бы въ точности соответствовалъ поставленнымъ здѣсь требованіямъ, и даже можно сказать, что такой приборъ никогда, даже въ отдаленномъ будущемъ, нельзя будетъ устроить. Но если бы, благодаря какой-нибудь счастливой случайности удалось преодолѣть всѣ трудности и построить такой инструментъ, то можно быть увѣреннымъ, что вследствие своихъ физическихъ свойствъ онъ пересталъ бы быть совершеннымъ приборомъ уже въ слѣдующій моментъ послѣ того, какъ онъ оконченъ. Уже одно постоянное измѣненіе температуры окружающаго инструментъ воздуха вызываетъ измѣненія какъ во взаимномъ расположеніи, такъ и въ формѣ тѣхъ металлическихъ частей, изъ которыхъ инструментъ состоитъ. Далѣе, вѣсъ этихъ частей вызываетъ искривленія и гнутіе, которыхъ нельзя устранить ни симметричнымъ устройствомъ инструмента, какъ бы тщательно оно ни было выполнено, ни употребленіемъ противовѣсовъ, какъ бы остроумно они ни были здѣсь применены. Но если бы даже можно было эти вредныя влияния уменьшить настолько, чтобы они не оказывали никакого дѣйствія на инструментъ, то какъ мы могли бы установить его на фундаментъ или сообщить ему движеніе вокругъ оси, не прилагая къ нему никакого давленія? При самомъ осторожномъ обращеніи приходится передвигать инструментъ и, слѣдовательно, давить на отдѣльныя его части, что уже вызываетъ нѣкоторыя измѣненія въ ихъ формѣ и въ ихъ взаимномъ расположеніи \*).

\* ) Ближайшее знакомство съ новѣйшими астрономическими инструментами показало намъ, что мнѣніе, будто ежедневный опытъ свидѣтельствуетъ объ абсолютной твердости и устойчивости окружающаго насъ тѣла, слѣдуетъ признать ложнымъ и лишенымъ основанія. Достаточно, напримеръ, слегка надавить рукою на массивныя металлические фундаменты современныхъ инструментовъ, чтобы уже вызвать измѣненіе въ его положеніи, которое легко обнаружить при помощи весьма чувствительнаго рычажка. Поэтому прочный металлическій столбъ въ нѣсколько сантиметровъ толщины слѣдуетъ разсматривать не какъ абсолютно твердое тѣло, а какъ гнущуюся, которая гнется отъ одного прикосновенія къ нему пальцемъ. При помощи упомянутого выше чувствительнаго рычажка удастся обнаружить гнутіе подъ влияніемъ вѣсныхъ силъ у такихъ тѣлъ, которыя иначе можно было бы считать, пожалуй, совершенно неподдающагося гнутію. Если, напримеръ, два конца пушки опираются на какі-нибудь подставки, то чувствительнымъ рычажкомъ поазываетъ, что средняя, не подпертая часть пушки прогибается подъ вліяніемъ собственной тяжести, какъ бы новѣйшимъ тонкимъ гибкимъ прутомъ. Если эту пушку подпереть только въ серединѣ, то можно замѣтить, что оба ея конца согнутся книзу, подобно тому,

механики, при содѣйствіи астрономовъ, для которыхъ они работаютъ, нашли средство съ увѣренностью отсчитывать на инструментахъ отдѣльныя секунды, и за послѣднія десятилѣтія наша инструментальная астрономія благодаря, главнымъ образомъ, англійскимъ и нѣмецкимъ механикамъ сдѣлала такіе успѣхи, въ возможность которыхъ еще не такъ давно совершенно нельзя было вѣрить. Не только большіе астрономическіе инструменты, но также и приборы меньшихъ размѣровъ устриваются теперь съ такой точностью и совершенствомъ, которые оставляютъ желать еще лишь очень немногаго. Немногаго это не значитъ ничего! Да и вообще все, что въ состояніи сдѣлать человекъ, остается произведеніемъ его рукъ, а потому, сколь бы прекрасными ни казались намъ великія произведенія нашихъ лучшихъ мастеровъ, они все же не могутъ быть названы совершенными. Поэтому астрономы должны постоянно заботиться о целесообразномъ выборѣ обетановки и методовъ наблюдений, должны опредѣлять ошибки своихъ инструментовъ, чтобы или избѣгать ихъ, или же путемъ вычисленія исключить ихъ вредное влияние, словомъ, они должны обращаться съ этими инструментами и обрабатывать полученные при помощи нихъ результаты такимъ образомъ, чтобы, устранивъ, насколько это отъ нихъ зависитъ, всѣ ошибки и погрѣшности, по возможности приблизиться къ истинѣ.

§ 2. **Инструменты древнихъ. Гномонъ** Самый древній и самый простой инструментъ изъ всѣхъ, которые только намъ извѣстны, это — гномонъ, о которомъ мы уже выше говорили (часть I, § 23). Онъ состоитъ изъ вертикальнаго стержня и предназначень, главнымъ образомъ, для наблюдений солнца. Если измѣрить длину тѣни, отбрасываемой на горизонтальную плоскость стоящаго на пей стержнемъ гномона, освѣщаемымъ солнцемъ, то по извѣстной длинѣ стержня можно опредѣлить высоту солнца, какъ это было показано въ цитированномъ мѣстѣ.

Древніе наблюдали гномономъ солнце, главнымъ образомъ, во время обихъ солнцестояній (часть I, § 21), т.-е. въ началѣ лѣта и въ началѣ зимы, когда солнце въ полдень находится на наибольшей или на наименьшей высотѣ, и изъ этихъ наблюдений опредѣляли наклонность эклиптики къ экватору (часть I, § 22). Въ указанномъ выше мѣстѣ (часть I, § 23) мы привели наиболѣе древнія наблюдения при помощи гномона; тамъ же было указано и вообще одно изъ самыхъ древнихъ астрономическихъ наблюдений, какія только дошли до насъ, а именно наблюдение, произведенное въ Китаѣ за 1100 лѣтъ до Р. Хр. Тамъ же было упомянуто и другое наблюдение, также относящееся къ глубокой древности, а именно наблюдение, произведенное грекомъ Нигасомъ за 350 лѣтъ до Р. Хр.

Но такъ какъ конецъ тѣни, отбрасываемой гномономъ, обыкновенно не бываетъ рѣзко ограниченъ вълѣдствіе того, что тѣнь окружена еще полутѣнью, то лучше всего укрѣпить на верхнемъ концѣ гномона вертикальную пластинку съ маленькимъ круглымъ отверстиемъ и затѣмъ измѣрить разстояніе отъ основанія гномона до изображенія солнца на землѣ, полученнаго при помощи этого отверстия. Александрійскіе греки и среди нихъ въ особенности Эратосфенъ, а равнѣе ихъ египтяне и китайцы, часто пользовались этимъ простымъ инструментомъ, указаніе на который они получили отъ самой природы, такъ какъ они должны были замѣтить, что длина тѣни, отбрасываемой торомъ, деревомъ, башней и вообще различными предметами, мѣняется съ теченіемъ времени.

Въ царствованіе императора Августа въ Римъ былъ перевезенъ большой обелискъ,

какъ стѣбаются самыя зогія тѣла, подпертыя въ серединѣ (напримѣръ, китовый усъ). Другимъ средствомъ для изслѣдованія деформаций тѣлъ являются наша въ высшей степени чувствительныя уровни. Если поставить такой уровень на подолонникъ и затѣмъ сильно надавить рукой на одинъ изъ тѣхъ концовъ, то какъ съ нимъ была причина стѣна дома, пузырекъ уровня измѣнитъ свое положеніе на амѣтную величину; если затѣмъ прекратитъ давленіе, то пузырекъ, снова придетъ въ свое первоначальное положеніе. Такимъ образомъ, ясно, что какъ стѣна дома, такъ и фундаменты астрономическихъ инструментовъ поддаются самому легкому давленію

высотой въ 117 римскихъ футовъ, воздвигнутый въ Египтѣ Сезострисомъ въ 967 году до Р. Хр. Этотъ обелискъ, по предложенію Манлія, былъ поставленъ на Марсовомъ полѣ для того, чтобы при помощи него, какъ говоритъ Плиніи, слѣдить за движеніемъ солнца; но имъ пользовались тамъ больше, какъ солнечными часами, и по прохожденію изображенія солнца черезъ полуденную линію (введеніе § 7), вычерченную по полу выстроеннаго за гномонь помѣщенія, опредѣляли моментъ истиннаго полудня. Кому-Кингъ въ 1278 г. устроилъ въ Пекинѣ гномонь, высотой въ 13 метровъ, а высота гномона, поставленнаго въ 1430 году Улутъ-Беемъ въ Самаркандѣ, достигала 55 метровъ.

Въ теченіе послѣднихъ столѣтій нашего лѣтосчисленія, главнымъ образомъ, итальянцы старались воздвигать гномоны значительной высоты. Съ этой цѣлью они пользовались теми высокими церквами, стѣны которыхъ имѣли наверху отверстія, дававшія на полу церкви съ противоположной стороны изображенія солнца. Такой гномонь былъ устроенъ въ 1467 году Павломъ Тосканелли въ куполѣ знаменитаго флорентискаго собора. Отверстіе здѣсь было сдѣлано на высотѣ 90 метровъ отъ основанія храма. Это самый высокій изъ всѣхъ извѣстныхъ гномоней. Гассенди въ 1636 году устроилъ такой приборъ, высотой въ 17 метровъ, въ одной изъ церквей въ Марсели; высота гномона въ церкви святаго Петронія въ Болоннѣ, построеннаго Игнаціемъ Данти и реставрированнаго Кассини, равна 22 метрамъ; Біанкини протѣла въ той же цѣли въ картезианскомъ соборѣ въ Римѣ (древнія бани Діоклетіана) два отверстія на высотѣ 20 и 24 метровъ. Сюлли и Ле-Монье сдѣлали въ храмѣ святаго Сальвиція въ Парижѣ гномонь, высотой въ 26 метровъ, при помощи котораго Ле-Монье въ теченіе многихъ лѣтъ наблюдалъ солнце во время солнцестояній, причемъ высоту солнца онъ отмѣчалъ на противоположной равномерной плѣтѣ. Одинъ изъ послѣднихъ гномоней былъ устроенъ въ 1786 году астрономомъ Цезарюсомъ и Реджіо въ кафедральномъ соборѣ въ Миланѣ. Теперь этотъ инструментъ совсѣмъ не употребляется, такъ какъ точность производимыхъ при помощи него наблюденій далеко уступаетъ той, которой можно достигнуть, пользуясь другими инструментами. Главная причина этого заключается въ томъ, что измѣреніе данныя тѣни производится не точно, и, кромѣ того, высокія сооруженія съ теченіемъ времени мѣняютъ свое положеніе. Мы уже выше говорили о томъ, какъ легко поддается даже незначительному давленію самая прочная стѣна. Дѣйствіе же солнца на освѣщаемую имъ стѣну и сжатіе этой стѣны и грунта, на которомъ она стоитъ, отъ зимнихъ холодовъ, конечно, должны быть гораздо значительнѣе. Еще Бутеръ произвелъ поучительный въ этомъ отношеніи рядъ наблюденій. Желая дать телескопу при своихъ наблюденіяхъ неизмѣнное, какъ онъ думалъ, положеніе, онъ вѣшалъ его въ стѣну парижскаго Дворца Инвалидовъ. Но онъ скоро замѣтилъ, что телескопъ въ мѣняетъ свое положеніе въ зависимости отъ того, съ какой стороны стѣна освѣщается солнцемъ. Пользуясь вѣставленными въ стѣну уровнями, защищенными отъ непосредственнаго натриванія солнцемъ, миланскіе астрономы замѣтили суточныя колебанія очень прочныхъ зданій, причемъ эти колебанія находились въ полной зависимости отъ положенія солнца. Обсерваторія Игаци въ Палермо, бывшая прежде обити арабскаго эмира, отличалась необыкновенной прочностью: голціна стѣны ея доходила до 2 метровъ. Изъ этой обсерваторіи Игаци въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ наблюдалъ полярную звѣзду, патясь по ея перемѣщеніямъ опредѣлить ея годичный параллаксъ (см. II, § 175). И, дѣйствительно, онъ обнаружилъ и мѣненія въ ея положеніи съ годичнымъ періодомъ, причемъ ея перемѣщенія имѣли почти такой же характеръ, какъ и при галактическомъ движеніи звѣзды, но потомъ оказалось, какъ это замѣтилъ и самъ Игаци, что параллаксъ совершила не звѣзда, а ея обсерваторія, которая, несмотря на всю свою прочность, колебалась въ ту или другую сторону въ зависимости отъ времени года.

### § 3 Древніе инструменты: триквтеръ, квадрантъ, астролябія, армиллярная сфера.

Гр. съ египетскаго школы пользовались для опредѣленія высоты свѣтила инструмен-

томъ, состоявшимъ изъ трехъ соединенныхъ вмѣстѣ линеекъ, который назывался поэтому трикветромъ. Онъ изображенъ на рис. 272 въ томъ видѣ, какъ его описалъ Штодмейеръ въ своемъ Альмагестѣ. Этотъ инструментъ состоитъ изъ вертикальнаго столба  $AB$ , къ которому на шарнирахъ приделаны двѣ линейки  $BC$  и  $AC$ . Перпендикулярно къ линейкѣ  $BC$  привѣшены два дюшра  $m$  и  $n$ , изъ которыхъ каждый снабженъ маленькимъ отверстіемъ. Линейку  $BC$  поднимаютъ до тѣхъ поръ, пока глазъ, находясь у дюшра  $m$ , не увидитъ звѣзды черезъ оба отверстія, удерживая затѣмъ линейку  $BC$  въ этомъ положеніи, къ ней прикладываютъ другую линейку  $AC$  такимъ образомъ, чтобы разстоянія  $BA$  и  $BC$  были равны между собой. Съ этой цѣлью линия  $BA$  и равная ей  $BC$  раздѣлены на одинаковое число равныхъ частей; такая же часть нанесена и на третью линейку, причемъ на этой послѣдней дѣленія продолжаются нѣсколько дальше, а именно отъ  $A$  до  $D$ . Вслѣдствіе этого для каждаго отдѣльнаго наблюденія при только-что описанномъ положеніи трехъ линеекъ получается равнобедренный треугольникъ  $ABC$ , въ которомъ двѣ равныя стороны  $BA$  и  $BC$  являются радиусами круга, центръ котораго лежитъ въ точкѣ  $B$ , а третья сторона  $AC$  представляетъ собой хорду, на которую опирается противолежащій ей уголъ  $ABC$ . Для каждаго положенія линейки длину хорды мы получимъ, сосчитавъ число дѣленій линейки  $AD$ , заключенныхъ между  $A$  и  $C$ , зная хорду  $AC$ , соответствующій ей уголъ  $ABC$ , мы увидимъ по заранѣе вычисленной для этого таблицѣ, въ которой для каждой хорды круга известнаго радиуса дается величина угла, опирающагося на эту хорду, совершенно такъ же, какъ по нашимъ таблицамъ синусовъ для каждаго угла мы находимъ соответствующій ему синусъ, да и въ дѣйствительности синусъ угла есть не что иное, какъ половина хорды вдвое большаго центральнаго угла. Легко видѣть, что найденный такимъ образомъ уголъ равняется искомому зенитному разстоянію звѣзды. Положимъ, напримѣръ, что радиусы  $AB$  и  $BC$  раздѣлены на 60 частей, и при какомъ-нибудь наблюденіи найдено, что длина хорды  $AC$  равна 50 такимъ частямъ; тогда зенитное разстояніе звѣзды будетъ равно  $49^\circ 15'$ , а высота  $40^\circ 45'$ .

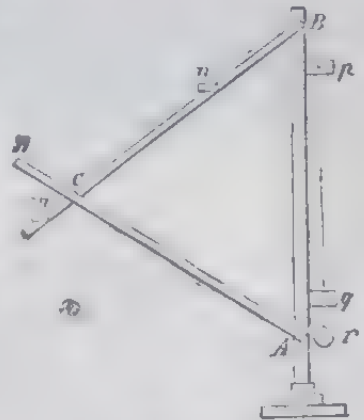


Рис. 272.

Для болѣе точной установки столба  $AB$  въ вертикальномъ положеніи служитъ отвѣсъ  $pp$ ; онъ представляетъ собою свободно вращающую вѣшную натянутую грузомъ  $p$ ; столбъ  $AB$  долженъ быть поставленъ параллельно этому отвѣсу.

Понятно, что наблюденія съ такимъ инструментомъ, если бы даже онъ былъ построенъ самымъ тщательнымъ образомъ современными механиками, не могутъ отличаться большой точностью. Поэтому слѣдовавшие за греками арабы пользовались этимъ инструментомъ только въ началѣ своихъ зенитныхъ астрономіи и вскорѣ замѣнили его квадрантомъ, который мы описали въ вѣстникѣ (§ 19), и который, впрочемъ, также болѣе не употребляется. Поэтому относительно этого инструмента мы знаемъ только то, что самымъ большимъ квадрантъ, какимъ только вообще пользовались для астрономическихъ наблюденій, принадлежалъ Улугъ-Бегу. Этотъ знаменитый астрономъ (ч. I, § 55) около 1430 г. былъ владѣтелемъ странъ, расположенныхъ по рѣкѣ Оксусъ, и въ своемъ главномъ городѣ Самаркандѣ поставилъ квадрантъ такой величины, что, по показанію гурджикскихъ историковъ, диаметръ равнялся высотѣ Софійскаго собора въ Константинополѣ, т. е. достигалъ 180 римскихъ футовъ.

Для опредѣленія положеній планетъ на небесномъ сводѣ, что представляетъ собою задачу въслѣдствіе движенія этихъ свѣтилъ, древніе астрономы обыкновенно наблюдали въ разстояніи отъ двухъ свѣтилъ неподвижныхъ звѣздъ, положеніе которыхъ было извѣ-

ранее известно. Для этой цели они должны были дать квадранту несколько иное устройство. Во-первых, они снабдили его двумя диоптрами или зрительными трубами, из которых одна  $CB$  (рис. 273) вращается около центра  $C$ , другая же прикреплена къ квадранту въ неизмѣнномъ положеніи  $CA$ . Во-вторыхъ, необходимо было, чтобы самый квадрантъ  $AM$  легко устанавливался въ какомъ угодно положеніи, что проще всего достигается при помощи подставки, носящей названіе баксы. Въ верхней части столба  $D$ , поддерживающаго квадрантъ, укрѣпляется металлическій цилиндръ, который наверху снабженъ шарообразной чашей  $E$ ; въ эту чашу входитъ шаръ  $a$ , который можно закрѣпить винтомъ  $n$ . При такомъ устройствѣ квадрантъ  $ABM$  можетъ быть установленъ въ любомъ, наклонномъ къ горизонту, положеніи; для этого нужно только ослабить зажимной винтъ  $n$ , дать квадранту требуемое положеніе и снова закрѣпить винтъ.

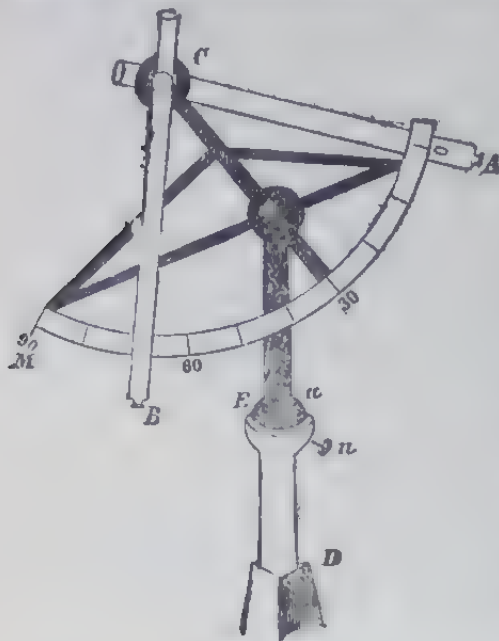


Рис. 273.

неподвижная труба должна быть направлена на одно изъ свѣтилъ. Закрѣпивъ квадрантъ въ этомъ положеніи при помощи зажимного винта, передвигаютъ другую трубу въ плоскости квадранта до тѣхъ поръ, пока черезъ нее не будетъ видно другое свѣтило. Очевидно, что такимъ образомъ разстояніе между двумя свѣтилами можно прямо отсчитывать по квадранту, причемъ оно получается точнѣе всего тогда, когда съ этимъ инструментомъ работаютъ сразу два наблюдателя и каждый изъ нихъ смотритъ только въ одну изъ трубъ. Этимъ способомъ опредѣленія положенія планетъ, который, впрочемъ, требуетъ довольно сложныхъ вычисленій, пользовались главнымъ образомъ, Тихо, Гельмъ и даже еще Фламетидъ.

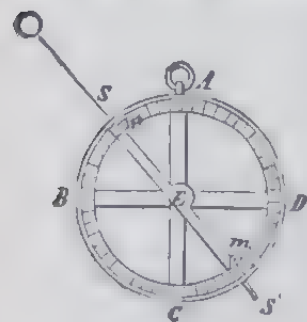


Рис. 274.

Астролябія, или астрономическое кольцо, состоитъ изъ раздѣленнаго на градусы круга  $ABCD$  (рис. 274), въ центрѣ котораго вращается алидада, или линейка  $ss'$ , снабженная двумя перпендикулярными къ ней диоптрами  $m$  и  $n$ . Во время наблюденій этотъ приборъ подвигивается за маленькое кольцо  $A$ , причемъ диаметръ  $BD$  въ этомъ случаѣ долженъ занимать горизонтальное положеніе. Если теперь алидаду  $ss'$ , при этомъ положеніи прибора, поставитъ такимъ образомъ, чтобы звезда была видна черезъ отверстія обоихъ диоптровъ или чтобы оба эти отверстія были одновременно освѣщены солнцемъ, то уголъ  $S'ED$  между алидадой и диаметромъ  $ED$  или равный ему уголъ  $SEB$  будетъ искомымъ высотою звезды или солнца.

\*) Координатами называются величины, опредѣляющія положеніе звезды на небѣ, напр., прямое восхожденіе и склоненіе, долгота и широта.





Астрономическая обсерваторія въ Пекинѣ.



Астрономическая обсерваторія въ Бенаресѣ.

Чтобы сделать этот инструментъ болѣе удобнымъ для употребленія, его часто устанавливали на штативѣ, причѣмъ вмѣсто полной окружности ограничивались дугой въ 45 или 60°. Смотря по дугѣ дуги, такой инструментъ получалъ названіе окланга или секстанта.

Однако, трудно видѣть, что этотъ инструментъ имѣлъ много недостатковъ. Поэтому имъ пользовались очень недолго и только у моряковъ, которые обыкновенно тоwarzysуютъ небольшой точностью, онъ сохранился до восемнадцатаго столѣтія. Впрочемъ, въслѣдствіе того имѣемъ астролябии разумны горизонтально установленныи кругъ съ алидадой, диаметры которой были достаточно высоки для того, чтобы черезъ ихъ отверстія можно было наблюдать верхніи части высокиихъ земныхъ предметовъ и даже звѣзды. Ниже мы познакомимъ читателя съ подобнымъ же, но гораздо болѣе совершеннымъ инструментомъ, который извѣстенъ подъ именемъ геодалита.

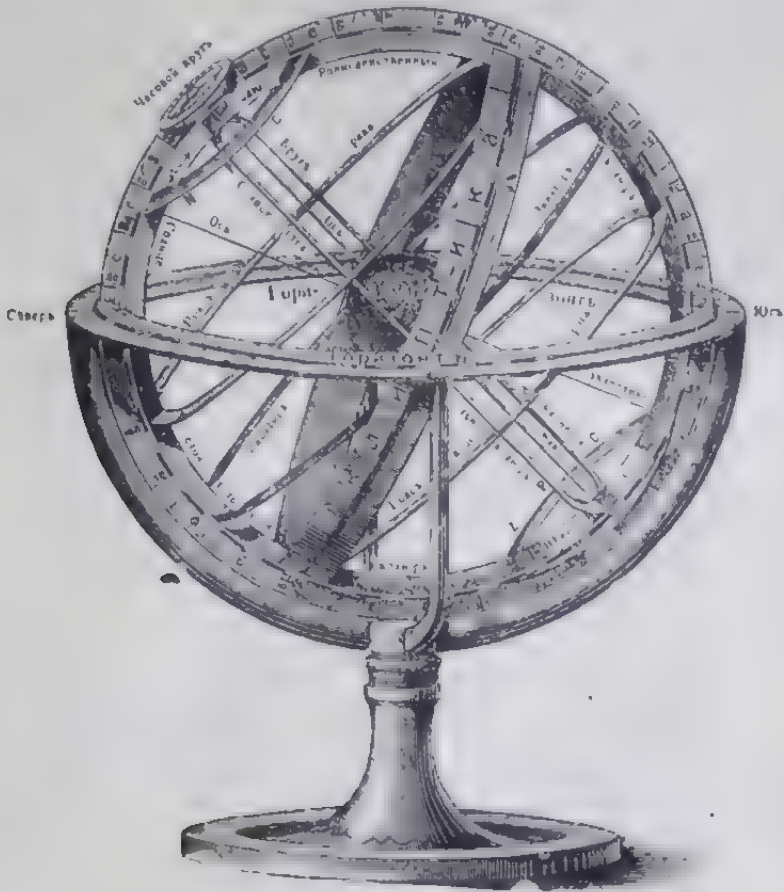


Рис 275.

Армиллярныя сферы или армиллы, изображенныя, по всей вѣроятности, Эратосфеномъ изъ Киренъ (родился около 276 года до Р. Хр.), состоятъ изъ собранія круговъ, которыми можно представить экваторъ, эклиптику и перпендикулярныя къ нимъ круги. На рис. 275 изображенъ такого рода приборъ, которымъ пользовались еще Гиппархъ и Игдолмей, и при помощи котораго Тяхо Браге произвелъ большую часть своихъ наблюденій надъ планетами. Большой кругъ, перпендикулярный къ горизонту и занимающій вертикальное положеніе, при наблюденіи долженъ быть установленъ въ плоскости меридіана, такъ чтобы точки севера и юга на армиллярной сферѣ дѣйствительно были направлены первая къ северу, а вторая къ югу. Далѣе, северный полюсъ армиллярной сферѣ долженъ быть направленъ на северный полюсъ міра, что достигается сле-

движением круга, представляющего меридианъ, въ подставку всего прибора. Средина оси, соединяющей сѣверный и южный полюсы, совпадаетъ съ центромъ армиллярной сферы, а также съ центромъ шара, помещеннаго внутри армиллы и представляющаго землю. Большой кругъ, перпендикулярный къ упомянутой оси, есть не что иное, какъ экваторъ. Этотъ кругъ снабженъ двумя диаметрально противоположными диоптрами, которые могутъ передвигаться по экватору. Перпендикулярно къ экватору проходитъ другой большой кругъ, который можетъ свободно вращаться вокругъ оси, соединяющей сѣверный и южный полюсы. Этотъ кругъ представляетъ собою кругъ склоненій и также снабженъ двумя диаметрально противоположными диоптрами, которые могутъ передвигаться по кругу склоненій.

При наблюденияхъ съ этимъ инструментомъ прежде всего необходимо его ориентировать, т. е. необходимо надлежащимъ образомъ установить въ немъ горизонтъ, меридианъ и ось мѣра. Затѣмъ вращаютъ подвижной кругъ склоненій до тѣхъ поръ, пока черезъ его диоптры не будетъ видно наблюдаемое свѣтло, причемъ на экваторѣ кругъ склоненій укажетъ часовой уголъ, а диоптры круга склоненій отмѣтятъ на немъ самое склоненіе наблюдаемаго свѣтла. Если на кругѣ, изображающемъ экваторъ, установить диоптры по какой-нибудь известной звѣздѣ такъ, чтобы они отмѣчали линію, проходящую черезъ точки весенняго и осенняго равноденствій, то, кромѣ часоваго угла, можно при помощи армиллы опредѣлить и прямое восхожденіе свѣтла, а слѣдовательно, и звѣздное время наблюденія.

§ 4. Стѣнный квадрантъ. Описанные выше инструменты при самомъ тщательномъ ихъ выполненіи не имѣли достаточной устойчивости; поэтому было очень трудно установить ихъ настолько прочно, чтобы они не мѣняли своего положенія въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени; а между тѣмъ при новыхъ, болѣе точныхъ методахъ наблюденій, явившихся результатомъ постепеннаго усовершенствованія астрономическихъ трубъ, такая установка стала совершенно необходимой. Поэтому прежде всего постарались

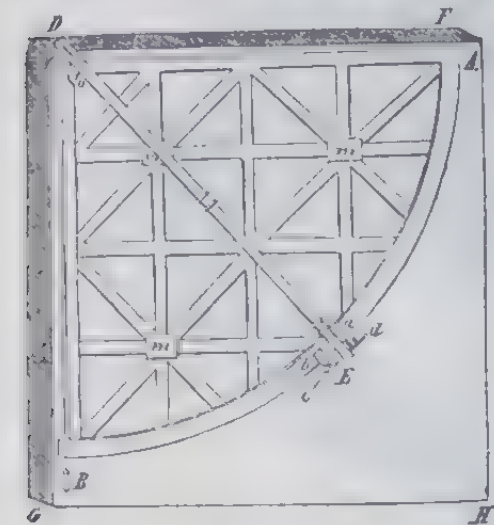


Рис. 276.

усовершенствовать квадрантъ, къ которому по необходимости принуждены были обратиться. Очевидно, что при небольшихъ размѣрахъ инструмента нельзя было точно нанести дѣленія, а инструменту большихъ размѣровъ трудно было придать требуемое положеніе и удержать его въ этомъ положеніи; поэтому рѣшили устанавливать квадранты большихъ размѣровъ неизменно въ плоскости меридиана и наблюдать, такимъ образомъ, звѣзды только въ моментъ ихъ кульминаціи. Такъ появился стѣнной квадрантъ, который еще въ концѣ XVIII в. былъ однимъ изъ лучшихъ и наиболѣе употребительныхъ астрономическихъ инструментовъ.

Стѣнной квадрантъ  $ABC$  (рис. 276) состоитъ изъ нѣсколькихъ толстыхъ металлическихъ полосъ, тѣсно соединенныхъ между собою, и металлической же дуги круга  $AB$ . Тамъ, гдѣ эти полосы прикрѣпляются другъ къ другу, въ точкахъ  $m, m, m$ , весь инструментъ тѣсными винтами прикрѣпляется къ стѣнѣ, возведенной въ плоскости меридиана. Легко себѣ представивъ при этихъ винтахъ такіе приспособленія, которыя позволяли бы нѣсколько измѣнять положеніе всего инструмента, такъ что можно установить его точно въ плоскости меридиана и немного передвигать въ этой плоскости. Сверху, къ точке  $C$  прикрѣпить отѣселъ  $CB$ ; пока оба крайніе радіусы квадранта  $CA$  и  $CB$  будутъ сохра-

нить свое положеніе относительно горизонта, отвѣсъ будетъ неизмѣнно проходить черезъ одну и ту же точку нижней части раздѣленной на градусы дуги *AB*. Если же нить пройдетъ черезъ другую точку, то это будетъ значить, что квадрантъ отклонился отъ своего первоначальнаго положенія, и это отклоненіе слѣдуетъ принять во вниманіе при вычисленіяхъ или же исправить его съ помощью вышеупомянутыхъ приспособленій при винтахъ *m, m, ...* Нить отвѣса заключена въ футляръ, предохраняющій ее отъ движеній воздуха; для того же, чтобы уменьшить излишнюю подвижность гири *B*, ее погружаютъ въ сосудъ съ водою. Зрительная труба *DE* вращается вокругъ центра *O* квадранта, параллельно плоскости послѣдняго. Окулярная часть ея *E* при помощи винта *ed* и двойной металлической пластинки *b* соединяется съ краемъ инструмента. Эта пластинка охватываетъ дугу круга въ видѣ вилки; обѣ части ея могутъ быть сближены между собою особымъ винтомъ, послѣ чего труба оказывается закрытой. Если же обѣ части пластинки раздвинуты, то трубу можно свободно вращать вокругъ центра *O* и привести ее въ любую точку квадранта, закрывъ ее тамъ при помощи упомянутого винта при *b*; винтомъ *ed* можно сообщать ей небольшія передвиженія, что даетъ возможность направить трубу какъ-разъ на наблюдаемую звѣзду. Съ другой стороны, противоположной той, гдѣ находится пластинка *b*, къ окуляру прикреплена металлическая пластинка *a*, на которую нанесены дѣленія, она называется верньеромъ и служитъ для болѣе точнаго отсчитыванія дѣленій, нанесенныхъ на кругѣ; о ней мы будемъ говорить ниже.

Первый, наблюдавшій этимъ инструментомъ, былъ Гихо; какъ изобрѣтатель этого инструмента, онъ далъ ему названіе *Quadrans Guchonius*. Радиусъ его квадранта былъ очень великъ, а потому при помощи поперечнаго масштаба, о которомъ мы будемъ говорить ниже, онъ имѣлъ возможность раздѣлить дугу квадранта до  $10''$ , несмотря на это, средняя ошибка его наблюденій доходила до 1'. У ближайшихъ его предшественниковъ, Вальтера, Регіомонтана, Вильгельма IV Гессенскаго и другихъ, затратившихъ на свои инструменты не мало труда и денегъ, ошибка была около  $10'$ , не лучше шло дѣло и у арабовъ, несмотря на ихъ громадные инструменты. Птоломей въ своемъ Альмагестѣ утверждаетъ, что изъ наблюденій его и Гиппарха можно получить широты съ точностью до 4'; но наблюденія александрійскихъ грековъ обнаруживаютъ гораздо болѣе значительныя ошибки.

Болѣе совершенныя астрономическія инструменты появились только около половины XVIII столѣтія; между ними особенно выдаются квадранты, изготовленные англійскими мастерами съ необычайной до тѣхъ поръ точностью. Большая заслуга принадлежитъ Фламстиду (род. въ 1646 г., умеръ въ 1719), такъ какъ онъ первый применилъ для опредѣленія положенія звѣздъ снабженный зрительной трубою квадрантъ въ соединеніи съ часами, благодаря чему ему удалось довести среднюю ошибку наблюденія до  $10''$ . Въ 1725 г. Грахамъ построилъ одинъ изъ лучшихъ стѣнныхъ квадрантовъ, съ радиусомъ въ 2,44 метра, которымъ наблюдалъ Галлей въ Гринвичѣ. Затѣмъ, по его руководствѣ Грахамъ, Джонатанъ Зиссонъ изготовилъ другой квадрантъ, которымъ до 1751 г. наблюдалъ Ле-Монье въ Парижѣ, затѣмъ этотъ квадрантъ былъ перевезенъ въ Берлинъ, гдѣ Ландольдъ, по уговору съ Якобомъ, производилъ имъ тѣ же наблюденія, которыя послѣдній дѣлалъ одновременно на мысѣ Доурай Надежды. Замѣнителемъ англійскій механикъ Бирдъ приготовилъ нѣсколько превосходныхъ инструментовъ этого типа. Одинъ изъ нихъ съ радиусомъ въ 2,44 метра, былъ сдѣланъ для Гринвича, гдѣ Бродлей съ 1750 до 1762 г. опредѣлялъ имъ склоненія звѣздъ съ необыкновенной точностью, а именно до  $1''$ ; настолько же точно онъ опредѣлялъ и прямыя восхожденія съ помощью поуденной трубы. Затѣмъ, два квадранта были изготовлены Бирдомъ для Оксфорда, столько же для Петербурга, Геттингена, Кюника, Мангейма и Парижа; каждая обсерваторія обыкновенно приобретала по два такихъ инструмента, такъ какъ, въ силу самаго ихъ устройства, каждый изъ

инст. можетъ быть назначенъ для наблюдений или исключительно въ сѣверной, или исключительно въ южной части меридiana. Французскій министръ финансовъ Бержере заказалъ въ Англии въ 1775 г. для парижской военной школы стѣнной квадрантъ, которымъ вначалѣ много наблюдалъ Д'Ажеле, впоследствии же имъ воспользовался Лаландъ (Michel Jean Lerome le Francois), племянникъ знаменитаго астронома (Joseph Jerome le Francois de Lalande), для своихъ усердныхъ и многолѣтнихъ наблюдений, давшихъ ему положенія около 50000 звѣздъ, которыя въ 1847 году были занесены въ каталогъ и опубликованы подъ редакціей Байли. До сихъ поръ еще никакой другой инструментъ не далъ столько полезныхъ наблюдений. Рамеденъ, одинъ изъ замѣчательныхъ механиковъ всѣхъ временъ, сдѣлалъ большіе стѣнные квадранты для обсерваторій въ Падуѣ, Миланѣ и Виллѣ, и наконецъ подобный же инструментъ для Бленхейма въ Англии, этотъ послѣдній инструментъ могъ вращаться вокругъ прочной вертикальной оси въ плоскости горизонта, и вообще былъ однимъ изъ совершеннѣйшихъ приборовъ, вышедшихъ до того времени изъ рукъ мастеровъ.

Но какъ ни были хороши эти инструменты въ сравненіи съ тѣми, которые употреблялись раньше, все же они не могли удовлетворить постоянно возрастающимъ требованіямъ новѣйшей астрономіи. Во-первыхъ, чрезвычайно трудно или даже совершенно невозможно было добиться того, чтобы такая большая дуга все время оставалась въ одной плоскости, не претерпѣвая гнущія и искривленія; не менѣе затруднительно было укрѣпить трубу такимъ образомъ, чтобы она во всѣхъ положеніяхъ была строго параллельна плоскости квадранта. Затѣмъ, благодаря неподвижности инструмента, трудно было повѣрять, насколько точно онъ установленъ, и, наконецъ, вѣдствие своихъ значительныхъ размѣровъ, инструментъ былъ сильно подверженъ дѣйствию температуры. Обыкновенно въ помѣщеніяхъ, гдѣ производится наблюдениа воздухъ наверху бываетъ теплѣе, чѣмъ внизу, а потому верхнія части инструмента расширяются больше нижнихъ, и вообще расширение различныхъ частей его не одинаково, что оказываетъ чрезвычайно вредное вліяніе на наблюдениа, такъ какъ дѣйствию этого расширения очень трудно принять во вниманіе.

Однако, всѣ эти недостатки стали ощутительными только послѣ всеобщаго распространения и усовершенствованія зрительной трубы, расширившей наши познанія о землѣ и небѣ до такихъ предѣловъ, о которыхъ древніе не имѣли никакого представленія; потому прежде чѣмъ перейти къ описанію инструментовъ, употребляющихся въ настоящее время, мы сдѣлаемъ здѣсь нѣсколько замѣчаній, касающихся изобрѣтенія и устройства зрительной трубы.

**§ 5. Изобрѣтеніе и устройство зрительной трубы.** Открытіемъ зрительной трубы человекъ обязанъ не своему остроумію, не глубокому размышленію, а слѣпой случайности. И сколь бы великія идеи ни зарождались въ умѣ человеческомъ, все же едва ли бы когда-нибудь удалось сдѣлать это открытіе исключительно на основаніи теоретическихъ соображеній \*). По словамъ Борелли, открытіе это, о которомъ онъ самъ узналъ только въ 1610 г., было сдѣлано еще въ 1590 г. голландскимъ мастеромъ Захаріей Янсеномъ, для котораго случайно соединили вѣсть два изъ множества заготовленныхъ чепицеобразныхъ стеколъ и, къ удивленію своему, увидѣли черезъ нихъ отдаленные предметы сильно увеличенными. Другіе рассказываютъ тотъ же анекдотъ про Якова Меціуса

\* Гюигенсъ, который самъ внесъ значительныя усовершенствованія въ это открытіе, говоритъ въ св. еп. дисп. т. 1: «если бы какой-нибудь человекъ (быль одаренъ такими умственными способностями, что дошелъ бы до открытія зрительной трубы простымъ размышленіемъ, исходя изъ геометрическихъ принциповъ, то я не могъ бы не признати его высшимъ изобрѣтеніемъ, превосходящимъ всѣхъ остальныхъ смертныхъ. Но до этого такъ далеко, что даже долгое время спустя послѣ разсмотрѣнія здѣсь открытія, сдѣланнаго совершенно случайно, величайшіе наши ученые не могли найти его вѣстнаго объясненія».

изъ Алькмара или про Иоанна Ливнергейма изъ Мидельбурга въ Голландии, и относить это открытіе приблизительно къ 1610 году. Но новѣйшимъ изслѣдованіемъ Молля изъ Утрехта, истиннымъ изобрѣателемъ зрительной трубы слѣдуетъ признать Ливнергейма, который въ 1608 г. представилъ ея генеральнымъ штатамъ Мецѹсъ, услышавъ объ этомъ, но, повидимому, не зная еще подробностей почти одновременно пришелъ къ той же идѣе. Янсенъ же является изобрѣателемъ микроскопа, и около 1610 г. былъ также однимъ изъ первыхъ мастеровъ, приготовлявшихъ зрительныя трубы.

Итакъ, кусокъ кремнезема, смешаннаго съ поташемъ, и дѣловая лубка совершенно случайно послужили къ открытію двухъ новыхъ невѣдомыхъ мировъ! Этотъ случай позволилъ намъ какъ бы микроскопическимъ глазомъ червячка разсматривать цѣлты мха, замысловатую ткань и дѣльную пыль крыльевъ бабочки, замѣнить тѣ крошечныя солнышки, которыя тысячами живутъ въ капелькѣ воды и цѣлыми стаями проходятъ черезъ шило иглы, и въ то же время глазами высшаго существа увидѣть отдаленнѣйшія границы нашей солнечной системы и даже заглянуть по другую сторону этихъ границъ на безчисленныя тайны неба, персть которыми все, что мы здѣсь внизу считаемъ великимъ и могущественнымъ, кажется ничтожнымъ и ничтожнымъ. Это одинъ изъ многочисленныхъ примѣловъ того, что не слѣдуетъ

оставлять безъ вниманія даже самаго мелкаго явленія природы, потому что какъ бы ни казалось оно намъ вначалѣ незначительнымъ, все же оно можетъ прибавить новое звено въ цѣпи нашихъ знаній, а потому мы должны его, какъ сокровище, цѣны котораго мы не знаемъ, приложить къ запасу другихъ сокровищъ, представляемыхъ намъ потомкамъ, въ надеждѣ, что время и случай могутъ изъ отдаленнымъ звукомъ обнаружить истинную стоимость хранимаго имъ драгоценнаго жалаго.

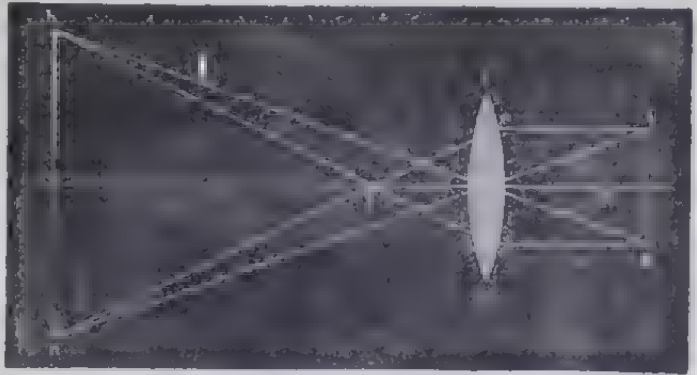


Fig. 277.

Чтобы лучше познать устройство зрительной трубы, нужно прежде всего знать, какъ образомъ лучи свѣта отъ источника отъ своего первоначальнаго и параллельнаго или, какъ говорятъ, преломляются при прохожденіи черезъ стеклянную чечевицу. Мы разсмотримъ здѣсь только такъ называемую двойковыпуклую чечевицу  $UV$  (рисъ 277), обѣ стороны которой выпуклы и представляютъ собою части отшлифованныхъ шаровыхъ поверхностей, одинаковыхъ или различныхъ радиусовъ, съ центрами  $U$  и  $V$  и  $FF'$ , которую называютъ осью чечевицы.

Примѣръ такой чечевицы предъ собой, если выйдете обыкновенное оконнаго стекла, которымъ великія умѣетъ пользоваться. Если одну изъ сторонъ этого стекла обратить къ солнцу, такъ чтобы лучи послѣдственно падали на него приблизительно перпендикулярно, то, помѣстивъ экранъ съ другой стороны, веревкой на некоторомъ разстояніи отъ нея, мы можемъ замѣтить на экранѣ небольшое свѣтлое, свѣтлое рѣзко очерченное пятно, центръ котораго называютъ фокусомъ чечевицы. Температура этого пятна настолько высока, что горѣло предметъ, на который оно падаетъ, загорается. Не трудно убѣдиться, что фокусъ чечевицы падаетъ въ точкѣ  $F$ , и что упомянутое пятно представляетъ собою не что иное, какъ изображение солнца. Это становится очевиднымъ, если чечевицу помѣстить въ темной комнатѣ передъ какимъ-нибудь

отверстіемъ, а съ другой стороны ея поставить бѣлый экранъ; тогда на экранѣ получится изображеніе отдаленныхъ предметовъ, находящихся внѣ комнаты, напримѣръ, другихъ домовъ города, если только разстояніе ихъ отъ чечевицы достаточно велико. Это явленіе происходитъ оттого, что лучи, идущіе отъ отдаленнаго предмета и падающіе на переднюю поверхность чечевицы, проходя черезъ чечевицу, преломляются и пересекаются по другую сторону ея такимъ образомъ, что всѣ лучи, идущіе отъ какой-нибудь определенной точки предмета, напримѣръ, отъ верхушки башни, снова собираются въ одну точку, въ которой и получается изображеніе этой верхушки. Сказанное справедливо и для всякой другой точки башни: въ противномъ случаѣ, ея изображеніе не могло бы быть столь яснымъ и отчетливымъ, какъ это бываетъ на самомъ дѣлѣ.

Если предметъ (напр., отдаленная башня или еще болѣе далекое солнце) находится на очень большомъ разстояніи отъ чечевицы, то изображеніе его лежитъ какъ-разъ въ плоскости, проходящей черезъ ея фокусъ. Но въ этомъ случаѣ всѣ лучи, падающіе отъ предмета на чечевицу, можно считать параллельными между собою, и, слѣдовательно, лучи, идущіе параллельно, даютъ изображеніе всегда въ такъ называемой фокальной плоскости чечевицы.

Если же предметъ не такъ далекъ отъ чечевицы, чтобы можно было пренебречь его величиной въ сравненіи съ разстояніемъ, то лучи, падающіе на чечевицу, нельзя уже считать параллельными; проходя черезъ чечевицу, они преломятся иначе, чѣмъ параллельные и потому, изображеніе уже не будетъ лежать въ фокальной плоскости чечевицы, и величина его будетъ другая.

Чтобы для даннаго предмета найти величину и мѣсто его изображенія, проводятъ черезъ какую-нибудь изъ его точекъ  $A$  (рис. 277) двѣ прямыя, изъ которыхъ одна  $Aa$  проходитъ черезъ центръ чечевицы, а другая  $Ae$  параллельна ея оси. Если затѣмъ черезъ точку  $e$  и фокусъ  $F$  чечевицы провести прямую  $eF$  и продолжить ея до пересѣченія съ прямой  $Aa$ , то точка пересѣченія  $a$  и будетъ искомымъ изображеніемъ точки  $A$ . Обозначая разстояніе изображенія  $ab$  отъ центра чечевицы буквою  $\alpha$ , а величину изображенія буквою  $\beta$ , фокусное разстояніе чечевицы или, иначе говоря, разстояніе фокуса отъ центра чечевицы буквою  $f$ , разстояніе предмета  $AB$  отъ центра чечевицы буквою  $a$  и величину предмета буквою  $b$ , получаемъ для  $\alpha$  и  $\beta$  слѣдующія два уравненія:

$$\alpha = \frac{af}{a-f}, \quad \beta = \frac{bf}{a-f}.$$

Первое изъ нихъ даетъ намъ разстояніе, а второе величину изображенія.

Съ увеличеніемъ разстоянія  $a$  предмета отъ чечевицы величина  $\beta$  и разстояніе  $\alpha$  изображенія уменьшаются, и самое изображеніе приближается къ фокусу. Если же, наоборотъ, предметъ  $AB$  приближается къ чечевицѣ, то его изображеніе  $ab$  удаляется отъ нея, и въ то же время его размѣры увеличиваются до тѣхъ поръ, пока предметъ не придетъ въ плоскость, проходящую черезъ точку  $F$ , отстоящую отъ чечевицы на такое же разстояніе, какъ и фокусъ  $F$ : въ этомъ послѣднемъ случаѣ изображеніе предмета удаляется въ бѣзконечность, потому что лучи, падающіе на чечевицу изъ точки  $F$  послѣ преломленія дѣлаются параллельными между собою. Итакъ, весьма удаленный предметъ даетъ изображеніе въ фокальной плоскости чечевицы, а изображеніе предмета, помещеннаго въ фокальной плоскости, находится на бѣзконечномъ разстояніи отъ чечевицы; иначе говоря, всѣ лучи, идущіе отъ предмета, находящагося въ фокальной плоскости, послѣ преломленія въ чечевицѣ идутъ параллельнымъ пучкомъ. Кромѣ того, нетрудно замѣтить, что во всѣхъ перечисленныхъ случаяхъ изображеніе будетъ обратнымъ, напр., изображеніе  $a$  высшей точки предмета будетъ лежать всего ниже подъ осью  $FF'$  чечевицы.

Послѣ этого объясненія дѣйствія простои чечевицы, нетрудно понять устройство зри-

тельной трубы. Простейшие оптические инструменты этого рода состоятъ изъ двухъ чечевицъ, вставленныхъ на концахъ трубы такимъ образомъ, что оси ихъ и фокусы совпадаютъ.

Положимъ, что предметъ находится на весьма значительномъ разстоянн отъ большей чечевицы  $O$ , которая иначе называется объективомъ (рис. 278). Другая, меньшая чечевица носитъ названн окуляра. Оба эти техническия выраженн впервые были введены капуциномъ Ширлеусомъ Рейта.  $OF'$  есть общая ось обнхъ чечевицъ, а лежащая на ней точка  $F$ —ихъ общнй фокусъ.

Очевидно, что при такомъ расположенн чечевицъ лучи, идущн отъ далекаго предмета и параллельные оси, падая на объективъ  $O$ , даютъ изображенн въ его фокальной плоскости  $aFb$ ; это изображенн разсматривается въ окуляръ  $O'$  какъ новый предметъ, а такъ какъ оно находится также въ фокальной плоскости окуляра, то лучи свбта, преломившись въ чечевицъ  $O'$ , попадаютъ въ глазъ наблюдателя параллельнымъ пучкомъ, и въ этомъ состоитъ первое важное свойство зрительной трубы, такъ какъ нормальный глазъ только тогда можетъ ясно видть предметъ, когда лучи идущн отъ всбхъ точекъ послдняго, параллельны между собою. Но зрительная труба иметъ и другн еще боле важныя преимущества.

Точка отдаленнаго предмета, лежащая какъ-разъ на оси чечевицъ, отбрасываетъ на объективъ  $O$  множество лучей, которые можно считать параллельными между собою и параллельными оси  $OF'$  и которые, такъ сказать, сплошь покрываютъ объективъ. Эти лучи, преломившись въ объективъ, соединяются въ его фокусъ  $F$  и даютъ тамъ изображенн вышеупомянутой точки. Изъ  $F$  эти лучи падаютъ расходящимся пучкомъ на окуляръ  $O'$  и, преломившись въ немъ вторично, выходятъ оттуда уже параллельными.

Такъ какъ главный лучъ  $OFO'$ , совпадающн съ направленнмъ оси обнхъ чечевицъ, проходитъ черезъ обн чечевицъ, не преломляясь, то его направленн

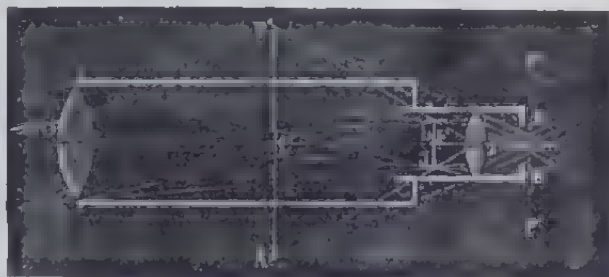


Рис. 278.

будетъ направленнмъ всбхъ лучей, идущихъ отъ вышеупомянутой точки, потому что послъ вторичнаго преломленн всъ лучи становятся параллельными между собою.

Разсмотримъ теперь высшую точку нашего весьма удаленнаго предмета, т.-е. такую точку, которая выше всбхъ находится надъ осью  $OFO'$ . Изъ этой точки также идетъ множество лучей, которые можно считать параллельными между собою, а такъ какъ величина предмета весьма мала въ сравненн съ его разстояннмъ отъ объектива  $O$ , то лучи эти можно считать также параллельными и оси  $OFO'$ . Если на объективъ, они также сплошь покрываютъ его, а, преломившись, соединяются въ какой-нибудь точкъ  $a$ , т.-е. такимъ образомъ, получится изображенн разсматриваемой нами точки. Но главныи лучъ, идущн отъ высшей точки именно лучъ  $Oa$ , пройдетъ черезъ центръ  $O$  объектива, не преломившись, и потому точкъ  $a$  будетъ лежать на пересеченн этого луча  $Oa$  съ перпендикуляромъ, возставленнымъ въ фокусъ  $F$  въ оси  $OFO'$ . Подобнымъ же образомъ получимъ изображенн  $b$  низшей точки нашего предмета. Отрзокъ  $ab$  представляетъ, такимъ образомъ, изображенн предмета. Нетрудно видть, что это изображенн темъ меньше, чмъ меньше фокусное разстоянн  $OF$  объектива  $O$ . Перескъвшись въ точкъ  $a$  всъ лучи, идущн отъ высшей точки предмета, затмъ снова расходятся, падаютъ на окуляръ  $O'$  и, преломившись въ немъ, выходятъ оттуда уже параллельными. Чтобы найти общее направленн всбхъ этихъ лучей, достаточно продолжитъ лучъ  $aO$ , который, какъ главный лучъ,



идущих из точки  $a$ , пройдут через центр  $O$  окуляра, не преломившись, и дадут нам направление всех лучей, идущих от точки  $a$  и после преломления ставших параллельными между собою.

Если через верхний и нижний край окуляра провести прямые, параллельные лучам  $Oa$  и  $Ob$ , то в пересечении этих прямых на оси  $OF$  получится точка, в которой должен находиться глаз, чтобы в него могли попасть все лучи, идущие от предмета, и, следовательно, угол  $aOb$  представить нам тот угол, под которым глаз наблюдателя, находящийся в только-что упомянутой точке, увидит в трубу предмет или, правильнее, его изображение  $ab$ .

Невооруженный же глаз, и ходив в той же точке, увидит бы предмет под гораздо меньшим углом, который вследствие незначительности длины трубы  $OO$  в сравнении с расстоянием предмета от трубы можно считать равным углу  $aOb$ ; эта разница в углах зрения  $aOb$  и  $aOb$  составляет второе и главное преимущество зрительной трубы, так как все предметы представляются в нее под гораздо большим углом, т. е. в увеличенном виде в сравнении с наблюдением невооруженным глазом.

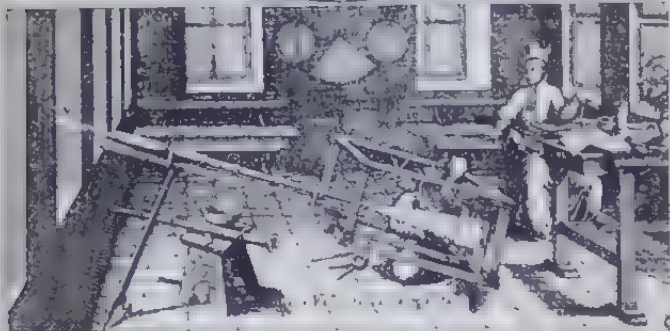
Нетрудно точно определить это увеличение. Так как треугольники  $FbO$  и  $Fb'O'$ , прямоугольные при  $F$ , имеют общую сторону  $Fb$ , то тангенсы углов  $bOF = bOa$  и  $b'O'F = b'O'a$  или вследствие малости углов сами эти углы относятся между собою, как стороны  $F'O'$  и  $F'O$ , так что, обозначая буквой  $m$  увеличение зрительной трубы, будем иметь:

$$m = \frac{bOF}{b'O'F} = \frac{OF}{O'F}$$

т. е. труба увеличивает предметы во столько раз, во сколько фокусное расстояние объектива больше фокусного расстояния окуляра. Поэтому, чтобы построить трубу с сильным увеличением, нужно брать объектив с большим фокусным расстоянием и связать его с окуляром, фокусное расстояние которого было бы сравнительно очень мало. Если, например, фокусное расстояние объектива составит 4 метра, или 4000 мм., а фокусное расстояние окуляра всего 4 мм., то увеличение трубы будет 1000, т. е. все предметы будут в нее видны под углом, в 1000 раз большим, чем невооруженным глазом. Значит, чтобы увеличение было значительное, или фокусное расстояние объектива должно быть очень большим или фокусное расстояние окуляра очень малым; следовательно, нам принуждены были и брать первое отверстие в трубе, наоборот, до сих пор отверстие в трубе в 70 метров длиной и док. разбе.

Повышенное увеличение показали, что при этом предметная труба с отверстием объектива в 15 см. и с фокусным расстоянием в 40 м. дает те же результаты, какие дает обыкновенный телескоп с отверстием в 10 см. и фокусным расстоянием в 15 метра. Установка таких чудовищных инструментов представляла бо́льшие трудности, особенно для латинских механиков, и еще в 1674 году Р. Гук в старости пошел этому делу, установив сам себе очень легко и получая в нем изображения размещаемых предметов при помощи небольшого зеркала, которое могло двигаться за вращением небесного свода.

Число предметов, наблюдаемых с помощью инструментов, может быть прилагательным к семи единицам. На известном рисунке, о котором сказано выше, телескоп мастера Гукера состоит из длинной в конце XVIII столетия из рук лучших оптиков. К телескопу была прикреплена веревка, проходившая через отверстие, при помощи нее можно было поднимать или опускать верхний конец инструмента. Разрядили инструмент просто руками, а для увеличения окуляра и конца зеркала на окуляре стояли. Нельзя не удивляться тогдашним астрономам, которые с главными инструментами сумели получить прекрасные результаты, например в Риме, пользуясь зрительными трубами с та-



Астрономическіе инструменты XVII стол.  
Изъ книги «Rosa Ursina sive sol» Кристофа Шейнера.



Телескопъ патера Готтинъена въ Римѣ (1670).

кой же установкой и съ фокуснымъ разстоянiемъ въ 22 м и 33<sup>1</sup>/<sub>2</sub> м., сдѣлать рисунки лунной поверхности, которые могутъ соперничать съ лучшими новѣйшими рисунками.

§ 6. Постепенное усовершенствованiе зрительныхъ трубъ. Только-что описанная зрительная труба является простѣйшимъ изъ всѣхъ инструментовъ этого рода. Въ нее всѣ предметы представляются въ обратномъ видѣ, такъ что верхняя часть ихъ расположена внизу, а правая—лѣва, и наоборотъ. Но этотъ недостатокъ для астрономическихъ наблюдений не имѣетъ никакого значенiя, такъ какъ совершенно безразлично, будемъ ли мы наблюдать небесныя тѣла въ прямомъ или въ обратномъ видѣ. Впрочемъ, его легко устранить, если, вмѣсто того, чтобы дѣлать обѣ чечевицы двойковыпуклыми, сдѣлать окуляръ двойковогнутымъ. Такъ устроены наши бинокли, и такъ же были устроены первыя зрительныя трубы, изобрѣтенныя вышеупомянутыми голландскими мастерами и Галилеемъ; поэтому ихъ и называютъ обыкновенно голландскими или галилеевыми трубами; трубу же, описанную въ § 5 и снабженную двумя двойковыпуклыми чечевицами, называютъ астрономической или, по имени ея изобрѣтателя, кеплеровой трубой.

Важный недостатокъ зрительной трубы состоитъ въ томъ, что въ нее сразу можно видѣть только очень незначительную часть неба; эта часть будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ сильнѣе увеличенiе инструмента. Однако, этому легко помочь, составивъ окуляръ изъ двухъ чечевицъ, т.е. присоединивъ къ окуляру, описанному въ § 5, еще другую чечевицу въ незначительномъ отъ него разстоянii, благодаря чему поле зрѣнiя значительно увеличивается.

Не такъ легко устранить другой недостатокъ, сильно затрудняющii пользование зрительными трубами. Дѣло въ томъ, что лучи, падающiе на объективъ отъ одной какой-нибудь точки предмета, послѣ преломленiя не могутъ соединиться строго въ одной точкѣ, если только объективъ, какъ мы предположили, ограниченъ двумя шаровыми поверхностями. Правда, вычисленiемъ можно найти ту форму поверхностей чечевицы, при которой всѣ параллельные лучи, падающiе, соединились бы снова въ одной точкѣ; но мастера наши не имѣютъ возможности приготовить такія поверхности съ тою точностью, которая здѣсь требуется, а потому принуждены остановиться на шаровой поверхности — единственной, которую они въ состоянii точно воспроизвести. Но такъ какъ при такой формѣ чечевицы лучи, идущiе отъ одной какой-нибудь точки предмета и попадающiе на центральную часть чечевицы, пересекаются не въ той точкѣ, здѣ пересекаются лучи, падающiе ближе къ краямъ чечевицы, то каждый предметъ даетъ нѣсколько очень близкихъ другъ къ другу и налетающихъ другъ на друга изображенiй и потому бываетъ виденъ не отчетливо. Этотъ недостатокъ, называемый сферической аберрацiей, будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ сильнѣе увеличенiе и чѣмъ больше объективъ зрительной трубы. Поэтому объективы многихъ старинныхъ трубъ были снабжены ободками, закрывавшими края объективовъ и какъ бы уменьшавшими ихъ размеры, чтобы сдѣлать этотъ недостатокъ возможно менѣе ощутительнымъ. Однако, это улучшенiе, если только его можно такъ назвать, влекло за собою также значительный недостатокъ. Въ самомъ дѣлѣ, само собою очевидно, что предметъ виденъ въ трубу тѣмъ яснѣе, чѣмъ больше свѣтъ отъ него падаетъ на объективъ, т.е. чѣмъ больше будетъ объективъ. Поэтому уменьшенiе объектива дѣлаетъ изображение неяснымъ и тусклымъ, и это будетъ тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ сильнѣе увеличенiе.

Къ этому присоединилось еще другое препятствiе, которое вначалѣ казалось совершенно неустранимымъ. Мы знаемъ, что великии блѣны лучъ свѣта состоятъ изъ множества другихъ, каждый изъ которыхъ имѣетъ особую окраску (см. II, § 8). Эти отдѣльные цвѣтные лучи имѣютъ то невыгодное для зрительныхъ трубъ свойство, что всѣ они различно преломляются чечевицей объектива, такъ что, вмѣсто одного отчетливаго блѣнаго изображенiя предмета, получается множество цвѣтныхъ, и это обстоятельство еще больше мѣшаетъ ясно видѣть предметъ, чѣмъ сферическая аберрацiя. Этотъ недостатокъ зрительныхъ трубъ называется хроматической или цвѣтной аберрацiей и кажется настолько существенно связаннымъ съ ея природою вещей, что даже Ньютономъ отчаялся

найти какое-нибудь средство помочь этому и, совершенно отказавшись отъ трубъ этого рода, обратился къ другимъ, въ которыхъ стеклянные объективы были замѣнены металлическими зеркалами. Поэтому долгое время, особенно въ Англіи, приготовляли почти исключительно зеркальные телескопы, или рефлекторы, которые имѣли еще то преимущество передъ рефракторами \*) , что были гораздо короче ихъ; поэтому рефлекторы доведены были до высокой степени совершенства, между тѣмъ какъ столь жеданное усовершенствование рефракторовъ было надолго задержано благодаря ошибочному сужденію великаго челоуѣка, къ которому онъ пришелъ въдѣствіе неправильнаго умозаключенія.

Леонардъ Эйлеръ, разсматривая строеніе челоуѣческаго глаза, первый замѣтилъ, что оба эти недостатка рефракторовъ можно устранить целесообразнымъ устройствомъ этихъ инструментовъ, такъ какъ онъ убѣдился, что природа устроила ихъ при устройствѣ нашего глаза. Поэтому, по аналогіи съ внутреннимъ строеніемъ глаза, онъ предложилъ употреблять двѣ стеклянныя чечевицы, съ вогнутыми внутренними поверхностями, между которыми можно было бы назвать различныя жидкости. Однако, онъ занимался не столько практическими попытками, которые еще въ 1733 году дѣлалъ Честеръ, сколько теоретическими изысканіями. Въ 1747 году онъ обнародовалъ свои изысканія о бесцвѣтныхъ или ахроматическихъ зрительныхъ трубахъ, чечевицы которыхъ онъ предполагалъ наполнять водою. Величайшій оптикъ того времени, Джонъ Доллонъ, старался воспользоваться его изысканіями на практикѣ, но такъ какъ первая попытка ему не удалась, то онъ скоро оставилъ ихъ и возобновилъ только тогда, когда въ 1754 г. выдающійся шведскій геометръ Клявтеиштрина показалъ, что заключеніе Ньютона было ошибочно. Однако, въсѣго предложенныхъ Эйлеромъ жидкостей, Доллонъ выбралъ два сорта стекла, которые извѣстны подъ названіемъ кроунастеа и флинтстеа. Руководимый скорое смутнымъ предчувствіемъ, чѣмъ математическими выводами, онъ нашелъ наконецъ, что можно приготовить совершенный объективъ, составивъ его изъ двояковыпуклой кроунастевой и вогнутой флинтстевой чечевицы. После многихъ попытокъ, ему удалось въ 1758 году построить ахроматическую трубу длиною въ 1,5 метра, обратившую на себя всеобщее вниманіе, такъ какъ она по своимъ качествамъ превзошла всѣ извѣстныя тогда трубы несравненно болѣеи длины. Последние три года своей жизни Доллонъ посвятилъ улучшенію своего изобрѣтенія, твердо надѣясь довести его до высокой степени совершенства, и, наконецъ, передать эту работу своему сыну Петру Доллону, доведшему вмѣстѣ съ Рамсденомъ устройство ахроматическихъ трубъ до такой высоты, которая въ концѣ XVIII-го столѣтія заставила всѣхъ съ удивленіемъ преклоняться передъ прекрасными качествами этихъ инструментовъ.

Эйлеръ вначалѣ съ трудомъ повѣрилъ успѣху англійскаго мастера, такъ какъ считалъ преломляющую силу и свѣторазлѣеніе этихъ двухъ сортовъ стекла слишкомъ близкими между собою, чтобы разность ихъ могла оказывать такое сильное вліяніе, когда же онъ не могъ болѣе сомнѣваться въ практической возможности изготовленія ахроматическихъ зрительныхъ трубъ, то принялся за разработку теоріи этого инструмента, результаты своихъ изысканія Эйлеръ напечаталъ въ запискахъ берлинской и петербургской академіи, а также въ своемъ сочиненіи «Дополненіе». Дальнѣишей разработкой этого вопроса мы обязаны Клеро, д'Аламберу, Кальеаю, Гауссу и др.

Въ послѣднее время между оптиками, занимавшимися изготовленіемъ рефракторовъ, наиболѣе выдающимися должны быть признаны Фруитоферъ (теперь Мерцъ) и Пассель въ Вѣнѣ, Штейнгейль въ Мюнхенѣ, Альванъ Кларкъ въ Бостонѣ, Букъ въ Юрьѣ, Труоуъ въ Дулинѣ и др. Главная трудность, которую приходится преодолѣть при

\*) Слово рефракторъ показываетъ, что въ такомъ инструментѣ зрѣніе преломляется при прохожденіи черезъ стеклянныя чечевицы. Слово рефлекторъ показываетъ, что въ такомъ инструментѣ зрѣніе падая на металлическое зеркало, отражается отъ него.



30-дюймовый рефракторъ Пулковской обсерваторіи.

заготовленіи совершеннаго объектива, состоитъ въ томъ, чтобы получить большой кусокъ чистаго однороднаго стекла. Кромѣ того, разница между показателями преломленія обоихъ сортовъ стекла, дѣйствительно, очень незначительна: оба они заключены въ тѣсныхъ границахъ между 1,5 и 1,6, и еще меньше разница между свѣторазсыяніемъ этихъ стеколъ. Гораздо удобнѣе было бы пользоваться другими сортами стекла, сильнѣе различившимися въ этомъ отношеніи, такъ какъ, главнымъ образомъ, на этой разницѣ и основано уничтоженіе обоихъ вышеупомянутыхъ недостатковъ. Разница происходитъ оттого, что въ одному изъ этихъ стеколъ—флинтгласу примѣшивается незначительное количество свинца. Такъ какъ взятый въ большемъ количествѣ свинецъ не можетъ обрабатываться съ другими составными частями стекла однородной массы, то предлагали употреблять для этой цѣли различныя другія примѣси: цинкъ, висмутъ, барій и пр. Пока продолжались эти поиски за такимъ сортомъ стекла, который бы значительно отличался въ обоихъ отношеніяхъ отъ всѣхъ до тѣхъ поръ извѣстныхъ, І. І. Литровъ уже въ 1827 году предпринялъ теоретическія изысканія, касающіяся зрительныхъ трубъ, снабженныхъ такими стеклами, и нашелъ, что чечевицы, изъ которыхъ состоитъ объективъ, не должны касаться другъ друга, но что между ними должно быть значительное разстояніе для того, чтобы усилить ихъ дѣйствіе, такъ что при соответствующемъ выборѣ стеколъ вторая чечевица должна находиться приблизительно посрединѣ трубы. Въслѣдствіе такого раздѣленія чечевицъ объектива трубы эти получили названіе *диалитическихъ*. Упомянутый выше знаменитый оптикъ Шлессель въ Вѣнѣ началъ готовить такія трубы всѣхъ размѣровъ, и, по единогласному отзыву знатоковъ, онѣ во многихъ отношеніяхъ превосходили всѣ прежнія ахроматическія трубы. Но такъ какъ новый сортъ стекла не былъ еще изобрѣтенъ, то онъ попробовалъ вторую, внутреннюю чечевицу, которую нужно было приготовить изъ такого стекла, замѣнивъ сложной двойной чечевицей изъ *кромгласа* и *флинтгласа*; попытка его увѣнчалась успѣхомъ, но, конечно, простая чечевица изъ стекла, обладающаго подходящими свойствами, должна была дать еще болѣе блестящіе результаты. Выгоды представляемыя диалитическими трубами, состоятъ, главнымъ образомъ, въ слѣдующемъ: вторую, т.-е. внутреннюю чечевицу; можно взять, по крайней мѣрѣ, вдвое меньше первой, что очень облегчаетъ построеніе большихъ зрительныхъ трубъ и уменьшаетъ ихъ стоимость, и, кромѣ того, трубы такой конструкции гораздо короче обыкновенныхъ. Эти преимущества настолько велики, что заставляютъ подумать, какъ можно устранить недостатки, присущіе такимъ инструментамъ (малая свѣтосила, грубость починки и т. д.).



Рис. 279.

Въ первыхъ десятилѣтіяхъ XIX-го вѣка пытался осуществить и первоначальную идею Эйлера—употреблять вмѣсто стеколъ особія жидкости. Въ 1813 г. Влеръ и Брюстеръ въ Лондонѣ, въ 1822 г. Жираръ въ Вѣнѣ, въ 1828 г. Барловъ и приблизительно около того же времени Роджерсъ въ Эдинбургѣ предпринимали такіе опыты и при этомъ, по дошедшимъ до насъ свѣдѣніямъ, имѣли успѣхъ. Для этихъ такъ называемыхъ *апланатическихъ* трубъ Брюстеръ предлагалъ употреблять кассіено и сасеафразное эфирныя масла, а позднѣе сірный алкоголь, которыми пользовался и Барловъ. Жираръ примѣнялъ для этой цѣли скиндаръ, а Марръ въ Геттингенѣ креоль и т. д. Неудобство такихъ исполненныхъ жидкостями объективовъ состоитъ въ томъ, что они сильно подвержены влиянію температуры, мѣняющей плотность жидкости, такъ что апланатическія зрительныя трубы, которыя, въ сущности, основаны на томъ же принципѣ, что и диалитическія, а именно на раздѣленіи чечевицъ объектива, не вошли во всеобщее употребленіе и скоро были преданы забвенію.

\* Различныя системы сложныхъ объективовъ, употребляемыя въ настоящее время, изображены на рис. 279. Объективомъ № 1, между прочимъ, снабженъ большой пулковскій рефракторъ, изображенный на приложенной при семь таблицъ.\*

Величайшие из работных в настоящее время рефракторов суть следующие: телескоп Геркесса (с отверстием в 102 см., или 40 англ. дм.), принадлежащий циклопическому университету и установленный около города Вильямс-Бей у Женевского озера, телескоп ликейской обсерватории на горе Гамльгольц (91,5 см., или 36 англ. дм.), работы Альвана Кларка младшего в Кембриджпорте, близ Бостона, и рефракторы в Ницце и Пулкове (об. в 76 см. или 30 англ. дм.), первый—работы братьев Анри в Париже, второй—работы Альвана Кларка старшего; за ними следуют гринвичский и вилекский рефракторы (первый 71 см., или 28 англ. дм., второй 68,5 см., или 27 англ. дм.), работы Грубба в Дублине и т. д.

Все эти гигантские телескопы построены в новейшее время. Изготовлением их стали заниматься почти одновременно в Англии и Америке; на европейском же материке их очень долго не хотели признавать, и только когда в 1873 году такой рефрактор был заказан для вновь построенной вилекской обсерватории, произошла внезапная перемена: немедленно целый ряд обсерваторий не только пожелал приобрести трубы такой же величины, но с каждым новым заказом размеры объектива увеличивались на несколько сантиметров, так как все хотело обладать величайшей зрительной трубой в мире. Так, вскоре после того, как на вилекской обсерватории был установлен большой рефрактор, Маргинь изготовил для Парижа рефрактор в 73 см. (27 парижских дюйм.); затем О. Струве заказал А. Кларку телескоп в 76 см. для Пулкова, и тотчас же ниццкая обсерватория решила приобрести трубу таких же размеров. Однако, все же из презрела рефрактор в 91 см., который Альвину Кларку и его сыну поручили построить для ликейской обсерватории. Но и этот последний не долго оставался величайшим в мире, он должен был уступить место телескопу Геркесса, этому рефрактору-левиафану.

О развитии производства больших рефракторов за последние десятилетия, после продолжительного зстоя, можно судить по тому, что два сделанные Мерджем в 1835 г. объективы, с диаметром в 38 см., из которых один предназначался для пулковской обсерватории, а другой спустя несколько лет был приобретен обсерваторией Гарвардского колледжа в Кембридже (в Соед. Штатах), оставались величайшими в мире до 1862 г., когда Альван Кларк окончил рефрактор в 47 см., находящийся теперь в Чикаго, и немедленно доказал превосходство этого инструмента над всеми, до тех пор существовавшими, открыв спутника Сириуса. Первый из гигантских рефракторов повзрослело времени, с отверстием в 63,5 см. был построен только в 1868 г. Кулом в Борке, а еще несколько лет спустя появился вашигтонский рефрактор, немного большего размера (66 см.), построенный Альваном Кларком, и скоро прославившийся открытием спутников Марса. С тех пор дело больших телескопов стало возрастать с изумительной быстротою, так что к концу 1895 г. существовало уже 19 вполне готовых телескопов, превосходящих величиною старый пулковский, так что терпелив рефрактор, с отверстием в 24,5 см. (9 парижск. дм.), который был 80 лет, когда он вышел из рук Фраунгофера, считался буквально чудом света, теперь едва ли даже может быть приравнен к «большим», так как в настоящее время существует около 100 рефракторов таких же и даже еще больших размеров.

При таком быстром увеличении объективов отверстия рефракторов несколько являлся вопрос: до каких же границ выгодно будет вести это увеличение? Не говоря уже о трудности получить огромные, совершенно однородный кусок стекла, не говоря о страшном повышении стоимости, обусловленной не только увеличением объективов, но и связанным с ним увеличением обрабатываемых кулолов и т. д., не говоря уже о мучительных трудностях, представляемых монтажом такого колосса, позволяют и легко и удобно удовлетворить им, нужно принять во внимание еще одно обстоятельство.

Преломление и светоразъяснение обоих сортов стекла, кроунгласса и флинтгласса, которые теперь употребляются для приготовления ахроматических зрительных труб, идут только приблизительно, но не вполне параллельно друг другу: другими словами, в спектрах, отбрасываемых этими стеклами, красные части приблизительно между фраунгоферовыми линиями *D* и *C* имеют одинаковую длину, между тем как размеры фиолетовых частей, от *G* до *H*, различны. Поэтому цветные лучи, на которые разлагается лучь, идущий от какой-нибудь белой свѣтящейся точки, при такой комбинации двухъ чечевицъ изъ этихъ сортовъ стекла, не могутъ снова соединиться въ одной точкѣ и дать совершенно бѣлое изображение. Если, напримеръ, какъ это обыкновенно дѣлается, ахроматизировать для такой комбинации чечевицъ наиболее свѣдую внутреннюю часть спектра, отъ оранжеваго до свѣтло-голубого цвѣта, такъ что все изображение соответственныхъ цвѣтовъ совмѣстится въ одной точкѣ, то по одну сторону этой точки будутъ лежать изображения краснаго, а по другую — фиолетоваго конца спектра. Поэтому красное и фиолетовое изображения не вполне совпадутъ съ изображеніемъ, получаемымъ отъ остальной части спектра, вѣдѣннѣе чего и въ ахроматическихъ трубкахъ изображения предметовъ по краямъ бывають слабо обращены. Само собой понятно, что это явление вторичнаго спектра будетъ темъ интенсивнѣе, чѣмъ значительнѣе размеры инструмента. Однако, можно устранить и этотъ недостатокъ въ оптической мастерской профессора Аббе въ Гейльсфельдѣ послѣ многолѣтнихъ систематическихъ опытовъ, замѣняя въ флинтглассѣ окисъ свинца окисями другихъ металловъ, удалось приготовить стекла, которыхъ преломление и светоразъясненіе идутъ параллельно. Такимъ образомъ, увеличеніе размеровъ ахроматическихъ зрительныхъ трубъ является, по видимому, только вопросомъ стоимости и трудности приготовления такихъ большихъ стеколъ, равно какъ и соответственной монтировки инструмента и устройства приспособлений, необходимыхъ для облегченія наблюденія. Деформация же стеколъ подъ влияніемъ тяжести, замѣная уже для телескопа Геркесса, объективъ котораго вмѣстѣ съ оправой вѣситъ около 15 пудовъ можетъ быть устраненъ цѣлесообразнымъ устройствомъ оправы.

Мы упоминали уже выше, что Ньютонъ, въ изобѣженіе недостатковъ, свойственныхъ диоптрическимъ зрительнымъ трубкамъ (рефракторамъ), совѣтовалъ пользоваться катоптрическими или зеркальными телескопами (рефлекторами) и эти посылки, особенно въ Англии, уже къ концу XVIII-го столѣтія, старшими В. Гершелемъ, а въ наше время Ласселемъ, лордомъ Россомъ, Грubbомъ, Броуниномъ и др., были доведены до такого совершенства, которое нельзя было даже и предвидѣть.

Вогнутое зеркало даетъ такое же изображение отдѣленно предмета, какъ и чечевица; но изображение это получается, конечно, не позади зеркала, какъ въ случаѣ чечевицы, а передъ нимъ. Значитъ, и здѣсь для того, чтобы построить зрительную трубу, нужно только постараться увидѣть это изображение въ увеличивающей оккулярѣ. Можно представить себѣ различныя комбинаціи окуляра и объектива зеркальнаго телескопа. Грегори, который первый началъ изготовлять инструменты такого рода (1663 г.), продѣлывалъ въ центрѣ зеркала отверстие, а позади отверстия помещалъ окуляръ, такъ что послѣдній входилъ на оси трубы; изображение, полученное отъ объектива, отражалось отъ второго маленькаго вогнутаго зеркала и послѣ отраженія разсматривалось въ окулярѣ. Скоро Кассегренъ измѣнилъ эту конструкцію, замѣнивъ маленькое вогнутое зеркало выпуклымъ, поставленнымъ такимъ образомъ, что лучи, идуще отъ объектива, попадали на него еще до соединенія ихъ, т. е. до получения изображения. Въ обоихъ этихъ случаяхъ ось трубы, также какъ и ось окуляра, совпадаетъ съ направлениемъ на разсматриваемый предметъ. Ньютонъ же не продѣлывалъ въ объективѣ отверстия, а помещалъ внутри трубы маленькое плоское зеркало такимъ образомъ, что изображение предмета можно было разсматривать въ окулярѣ, находящемся сбоку трубы. Такимъ образомъ, здѣсь направление,



по которому наблюдатель видит предмет, перпендикулярно къ истинному направленію на него. Наконецъ, В. Гершель помѣщалъ зеркало объектива нѣсколько наклонно къ оси трубы, такъ что изображеніе получалось почти на самой оправѣ, и его можно было видѣть непосредственно въ помѣщенный у открытаго конца трубы окуляръ, не употребляя второго зеркала. Такимъ образомъ, въ этотъ случай направленіе, по которому смотритъ наблюдатель, прямо противоположно направленію на предметъ; потери свѣта, происходившая вслѣдствіе того, что между предметомъ и объективомъ находилась голова наблюдателя, была, во всякомъ случаѣ, меньше той, которая получилась при предыдущихъ конструкціяхъ отъ маленькаго зеркала или отъ прогверливанія объектива. Лѣтъ за 20 до этого оптикъ К. Фритшъ въ Вѣнѣ скомбинировалъ ньютоновскую и гершелевскую конструкцію рефлектора, принявъ изображение, получаемое отъ ланкосы поставленнаго объектива на маленькое плоское зеркало, отъ котораго оно отражалось по направленію, приблизительно параллельному оси трубы. Въ эти инструменты, которые Фритшъ по причинѣ ихъ незначительной длины называлъ брахитами, какъ и въ рефракторы, предметы видны какъ-разъ въ томъ направленіи, въ которомъ они находятся.

Въ 1774 году, т.-е. на 36-мъ году своей жизни, Гершель построилъ зеркальный телескопъ въ 1,5 метра. Успѣхъ первой попытки побудилъ его продолжать эту работу въ грандиозныхъ размѣрахъ. Начиная съ этого времени, онъ приготовилъ не менѣе 200 телескоповъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 2,4 метра, 150 съ фокуснымъ разстояніемъ въ 3 м., 80 съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6 м., и, кромѣ того, нѣсколько телескоповъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 7,5 м. Диаметръ зеркала въ телескопахъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6 м. (20 футовъ) и въ 7,5 м. (25 футовъ) составлялъ соответственно 46 см. и 61 см. Въ 1781 г. онъ началъ рефлекторъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 9 м. и съ зеркаломъ, диаметръ котораго былъ равенъ 91 см., и, наконецъ, покровительствуемый Георгіемъ III, въ 1789 году окончилъ свой гигантскій телескопъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 12 м. (40 футовъ) и съ отверстіемъ въ 126 см. (нѣсколько больше 4 фуговъ). Этотъ телескопъ изображенъ на рис. 221 (стр. 598). Но этотъ телескопъ скоро оказался неподнымъ къ употребленію, потому что большое зеркало потускнѣло такъ, что возстановить его первоначальный блескъ оказалось совершенно невозможнымъ. Вообще въ телескопахъ этого рода зеркала нужно время отъ времени полировать, что изданна затрудняло ихъ распространеніе. Однако, ббольшую часть своихъ удивительныхъ открытій Гершель сдѣлалъ съ телескопомъ въ 6 м. длины, который былъ очень удобенъ для практическихъ цѣлей. Съ катоптрическимъ инструментомъ такихъ же размѣровъ Дж. Гершель выполнилъ свою громадную работу въ Слоу (близъ Лондона) и на мѣстѣ Доброй Надежды (1838 г.); Лассель въ Старфильдѣ (близъ Ливерпуля) и въ 1861 г. на Мальтѣ оказалъ важныя услуги наукѣ, пользуясь зеркальнымъ телескопомъ съ отверстіемъ въ 122 см. (4 фута) и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 11 метровъ. Оба послѣдніе наблюдателя также сами сдѣлали свои инструменты. Незадолго до настоящаго времени лордъ Россъ снова ввелъ въ употребленіе зеркальные телескопы и въ 1845 г., послѣ двадцатилѣтней работы, вмѣстѣ съ нѣсколькими меньшими телескопами построилъ въ Биркастлѣ близъ Парсонстауна (въ Ирландіи) гигантскій рефлекторъ въ 16 м. длину, съ зеркаломъ, диаметръ котораго равнялся 183 см. (6 фут.), этотъ телескопъ свѣтосилой далеко превосходилъ всѣ существовавшие до него. Установка этого величественнаго инструмента, названнаго левіаганомъ была изображена на рис. 245 (стр. 669); къ окуляру его, устроенному по способу Гершеля, ведетъ особая лѣстница, которую можно видѣть на рисункѣ.

Какъ видно изъ рисунка, этотъ телескопъ, который съ 1867 г. перешелъ къ сыну и наслѣднику лорда Росса и въ его рукахъ продолжалъ давать множество цѣнныхъ результатовъ, по вертикальному направленію можетъ двигаться отъ горизонта до зенита, по горизонтальному же только въ небольшомъ пространствѣ между двумя стѣнами, отстоящими на

кііе-нибудь  $1\frac{1}{2}$  часа вправо и влево отъ меридіана—ограниченіе вполне понятное, если принять во вниманіе изумительный вѣсъ подвижной части инструмента (10400 килограммовъ). Когда мы будемъ говорить объ экваторіалахъ, мы познакомимся съ другимъ способомъ установки большихъ рефлекторовъ, позволяющимъ гораздо легче управлять ими на неограниченномъ пространствѣ и представляющимъ болѣе удобности. Эта установка придумана Груббомъ, Броунигомъ и др. и является триумфомъ современной механики.

Около 1860 г. Л. Фуко пришла въ голову идея составить зеркало объектива изъ стеклянныхъ граней, посеребренныхъ химическимъ путемъ. Такое зеркало отражаетъ почти вдвое больше количества свѣта, чѣмъ обыкновенное металлическое, а именно около 0,8 вѣсъ падающихъ на него лучей, вѣситъ гораздо меньше, и въ случаѣ потускнѣнія его можно снова посеребрить безъ великаго труда и опасности измѣнить его правильную форму; все это позволяло надѣяться, что новое изобрѣтеніе получитъ быстрое распространеніе; однако, эти надежды не сбылись. Первый большой телескопъ такого рода, съ отверстіемъ въ 80 см. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 4,8 метр., находится на марсельской обсерваторіи, онъ снабженъ ньютоновскимъ окуляромъ. Изъ величайшихъ нынѣ существующихъ отражательныхъ телескоповъ слѣдуетъ упомянуть два. Одинъ, сдѣланный въ 1868 г. Т. Груббомъ въ Дублинѣ и снабженный кассегреневскимъ окуляромъ, принадлежитъ мельбурнской обсерваторіи (Австрали); онъ имѣетъ отверстіе въ 122 см. и фокусное разстояніе въ 9,8 м., зеркало въ немъ простое металлическое (4 части мѣди на 1 часть цинка). Другой ньютоновской конструкціи, съ стекляннымъ зеркаломъ, посеребреннымъ по способу Фуко, съ отверстіемъ въ 127 см. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 7,3 м., построенъ въ 1875 г. Мартинемъ для парижской обсерваторіи.

Вопросъ о томъ, какимъ телескопамъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе, дюррическимъ или катоприческимъ, до сихъ поръ не рѣшенъ. Съ одной стороны, непрерывныя измѣненія отражательной способности зеркалъ, съ другой, большая разница между прозрачностью различныхъ стеколъ, а также атмосферныя вліянія дѣлаютъ такое сравненіе весьма затруднительнымъ. Въ своей замѣткѣ по этому вопросу Т. В. Уэббъ упоминаетъ, что по опѣнкѣ Маскеліна, отверстія рефлекторовъ и рефракторовъ равной свѣтосилы должны относиться между собою, какъ 8 и 5. Довесъ считаетъ это справедливымъ только для тропическихъ телескоповъ, а для ньютоновскихъ, какъ и Дж. Гершель, даетъ отношеніе 7 : 5, причемъ, по его изслѣдованіямъ, рефракторъ съ отверстіемъ въ 66 см. позволяетъ еще различать  $0,2''$ —этой величиной Довесъ опѣниваетъ разстояніе между двумя составляющими одной звѣздной пары, изъ которыхъ каждая представляетъ звѣзду 6-ой величины. Штейнгейль и особенно Араго приписываютъ рефракторамъ гораздо большую свѣтосилу. Буфхэмъ считаетъ посеребренныя стеклянныя зеркала, съ диаметрами въ 23, 16,5 и 11,5 см. одинаково свѣтосильными съ ахроматическими объективами, отверстія которыхъ соответственно равны 20,3, 13,5 и 10 см. Американскіе астрономы считаютъ оптическую силу большого мельбурнскаго рефлектора (диаметръ 122 см.) и ватингтонскаго рефрактора (66 см.) почти одинаковыми. О замѣчательныхъ фактахъ, указывающихъ на ненадежность такихъ сравненій, мы уже не разъ упоминали во второй части книги, между прочимъ, въ §§ 120, 191, *МЖ* 9, 25, 32 и т. д.

§ 7. Примѣненіе зрительныхъ трубъ къ измѣрительнымъ инструментамъ. По происшествіи немногихъ лѣтъ послѣ изобрѣтенія зрительныхъ трубъ ими, какъ и слѣдовало ожидать, уже воспользовались для наблюденія неба. Говорятъ, что Галилей, получивъ первое весьма неопредѣленное извѣстіе объ изобрѣтеніи зрительной трубы, отгадалъ ея устройство и уже въ 1610 г. въ первую имъ самимъ сдѣланную трубу разглядывалъ горы и долины на лунѣ, спутниковъ Юпитера, солнечныя пятна и ихъ движеніе, а также фазы Венеры. Большинство изъ этихъ неожиданныхъ, прославившихъ его, открытій онъ описалъ въ 1610 году въ своемъ сочиненіи «Nuntius sidereus», за которое Венеціанская

республика втрое увеличила его содержание, а Козьма II Флорентийскій прислалъ ему въ подарокъ 1000 дукатовъ. Еще лѣтъ 30 послѣ того (онъ умеръ только въ 1642 г., въ 78 году своей жизни) онъ продолжалъ расширять границы науки и нашихъ знаній о небѣ.

Однако, такое употребленіе зрительныхъ трубъ является не единственнымъ и даже не самымъ важнымъ для астрономіи. Пока мы видѣли только, что эти инструменты дали намъ возможность замѣтить новыя миры, лучше сказать, неизвѣстныя раньше небесныя тѣла и подробно изучить строеніе поверхности тѣхъ изъ нихъ, которыя уже были извѣстны, и шр., Луны, Венеры. Измѣренія же размѣровъ и положеній небесныхъ тѣлъ все еще оставались несовершенными и по точности почти не отличались отъ измѣреній древнихъ грековъ и арабовъ. Пока астрономы должны были довольствоваться цюлтрами, которые употреблялись въ древнихъ инструментахъ, или такими трубами, которыя не были снабжены ни объективомъ, ни окуляромъ, а въ которыхъ въ окулярномъ концѣ находилось маленькое отверстие, а въ другомъ концѣ помещался крестъ изъ нитей, до тѣхъ поръ, пока пользоваясь инструментами съ прекрасно раздѣленными кругами, можно было наблюдать или измѣрять лишь настолько точно, насколько хорошо могъ видѣть невооруженный глазъ. Но какъ только эти простѣйшія трубы были снабжены двумя стеклянными чечевицами и превращены, такимъ образомъ, въ настоящія зрительныя трубы, достаточно стало привести наблюдаемую тѣлу въ центръ соединенной съ инструментомъ трубы, и наблюденія становились тѣмъ точнѣе, чѣмъ сильнѣе было увеличеніе трубы, и чѣмъ яснѣе были видны въ нее предметы.

Такъ пользовались зрительными трубами уже первые астрономы при своихъ наблюденіяхъ, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе положеній звѣздъ на небѣ; однако, эти опредѣленія еще многого оставляли желать. Правда, звѣзды были видны теперь гораздо лучше, но для того, чтобы наблюдать ихъ нужно было ихъ приводить въ центръ поля зрѣнія трубы, который начѣмъ не было оцѣнить, такъ что его можно было угадывать или приближенно оцѣнить, вследствие чего были неизбежны довольно крупныя ошибки наблюденій, особенно при такомъ большомъ полѣ зрѣнія, какое было у первыхъ зрительныхъ трубъ. Поэтому одинъ изъ выдающихся астрономовъ-практиковъ того времени, Гевелітъ въ Диннѣ, совсѣмъ не пользовался при своихъ наблюденіяхъ новыми инструментами и, основываясь на противорѣчивыхъ результатахъ различныхъ астрономовъ, дошелъ, наконецъ, до того, что объявилъ зрительныя трубы совершенно неподходящими для наблюденій, потому что, по его словамъ, разсматриваемые въ нихъ предметы казались смѣщенными, такъ что въ зрительную трубу они были видны совсѣмъ въ другомъ мѣстѣ, чѣмъ невооруженнымъ глазомъ.

Такимъ образомъ, для того, чтобы замѣтно продвинуть впередъ настоящія астрономическія наблюденія, нужно было еще найти средство выровнять на звѣзды точнѣе, чѣмъ это позволяла простая и притомъ весьма ненадежная установка ихъ въ центръ поля зрѣнія трубы. Замѣчательно, что это средство, которое, какъ намъ кажется теперь, само собой напрашивается, такъ долго оставалось не найденнымъ.

Если какой-нибудь предметъ, напримеръ, нить, помѣститъ вблизи общаго фокуса объектива и окуляра кеплеровой зрительной трубы, единственной, которая здѣсь пригодна, то такая нить будетъ видна въ окулярѣ тѣмъ яснѣе и рѣзче, чѣмъ близка къ фокусу она находится. Положимъ теперь, что труба направлена на какой-нибудь земной предметъ, напримеръ, на уголь стѣны, такимъ образомъ, что уголь предметъ какъ-разъ касается нити; если, передвигая глазъ насколько возможно вправо и влево, внизъ и вверхъ передъ окуляромъ, мы будемъ видѣть нить все въ томъ же положеніи относительно предмета, то это будетъ служить лучшимъ признакомъ того, что нить находится какъ-разъ въ фокусѣ трубы, т.е. въ томъ же самомъ мѣстѣ, гдѣ передняя, большая чечевица зрительной трубы имеетъ уменьшенное изображеніе наблюдаемаго предмета. Конечно, то, что здѣсь сказано

о земном предмете, останется справедливым и по отношению к звездам. Поэтому, если в фокус трубки натянута двѣ нити, лежащая в плоскости, перпендикулярной къ оси чечевицы и пересѣкающаяся другъ съ другомъ подъ прямымъ угломъ, то точка пересѣченія нитей представитъ въ полѣ зрѣнія неизмѣнную точку, по отношению къ которой можно съ большимъ удобствомъ и съ большою точностью определять положение наблюдаемой звезды, такъ какъ при каждомъ наблюдении соответственнымъ передвиженіемъ трубки можно привести звезду какъ-разъ въ точку пересѣченія нитей.

Эта простая, но извѣстная чрезвычайно важная полезная хитрость впервые пришла въ голову Гасконию въ Англии, который и привелъ ее въ исполненіе. Изъ писемъ его къ его друзьямъ Крабгрею и Горроксу, помѣянныхъ 1640 году, видно, что онъ и тогда уже употреблялъ зрительную трубу снабженную нитями, для измѣренія диаметровъ планетъ и т. под. т.-е. пользовался съкою нитью какъ микрометромъ (см. ниже, § 38), а для того, чтобы эти нити были видны ночью, онъ освѣщалъ внутренность трубки. Горроксъ, который умеръ, не достигнувъ даже 25 лѣтъ (въ 1641 г.), самъ обладалъ недвѣчными астрономическимъ талантомъ и не разъ выражалъ свое удивленіе по поводу разнообразныхъ изобрѣненій Гаскони въ области наблюдательной астрономіи. Этого послѣдняго смерть постигла у него въ томъ же вѣступномъ возрастѣ. На 23-емъ году своей жизни онъ палъ въ сраженіи. Имя Крамислемъ королевскимъ конетамъ. Вышеупомянутое изобрѣненіе приписываютъ также французскому астроному Пикару, который, правда, еще въ 1634 г. говорилъ о примѣненіи зрительной трубки къ квадрату, но только долгое время спустя. Быстрѣе всего, связаны въкъ между собою, примѣны съ тѣхъ критич. увидѣнь, когда въ 1669 г. ему удалось съютомъ увидѣть Лаландъ (что въ томъ, уже гораздо раньше удавалось наблюдать, что и имѣло Ж. Готт. въ 1611 г., Шеллеръ и Курдусу въ 1632 г., Ж. В. Морну въ 1641 и др. отдало, Пикаръ въ своемъ словесномъ не обмолвился о нитяхъ въ фокусѣ зрительной трубки. Даже въ подробностяхъ ланъ солнцемъ, произведенныхъ Пикаромъ въ 1667 г. — перемычъ, добавивъ, съ нитями во Франціи квадратомъ, снабженную зрительной трубою, не стараясь при этомъ упоминать объ этихъ нитяхъ, но критици мѣръ, въ томъ смѣль, въ какомъ говорить объ этомъ Лаландъ въ своей астрономіи (§ 2310).

Вѣроятнѣе всего будетъ предположить, что Пикаръ, вмѣстѣ съ Олу, приблизительно около 1667 г. впервые съю въ пользованіи нитями при наблюденьяхъ инструментомъ, снабженнымъ раздѣленной дугою. Въ этомъ приспособленіи заключено преимущество новѣйшихъ наблюдень передъ прежними и безъ того дѣл. удивленія въ констатаций современныхъ астрономическихъ инструментовъ, не привести въ вѣрнѣмъ случаѣ, такъ какъ ошибки, явившіяся сълѣствиемъ простой установки въ трубку дуги зрѣнія трубки, значительно превышали тѣ, которыя, даже въ то время могли происходить отъ неточнаго раздѣленія или отъ некач. образнаго устройства инструмента. Поэтому съ полнымъ правомъ можно сказать, что современная наблюдень своею перво. значеніемъ точнаго наблюдень, давнѣмъ образомъ, этому изобрѣненію, которое пожелало вѣрнѣмъ образомъ доставить оубъ въ негорн наблюдательной астрономіи.

Для этой дѣли лучше всего употребить нити, доставляемыя намъ самою природою, а именно паутиныя нити, которыя и по сихъ днѣхъ предпочитаются вѣрнѣмъ искусственнымъ нитямъ. Такое предпочтеніе основывается на свойствахъ паутиныхъ нитей — паутиныя нити состоятъ изъ точки, долина ихъ на всемъ протяжении одинакова, кривизна безусловно прамылиныя — онѣ не подвержены искривленію отъ скручиванія, абсолютно гибки, и, кромѣ того, способны сильно растягиваться, что позволяетъ ихъ выдвигать и натягивать. Кромѣ этого, слѣдуетъ отмѣнить еще то удивительное обстоятельство, что, будучи помѣщенъ въ самый фокусъ объектива, т.-е. въ той точкѣ, гдѣ вѣрнѣе другое было бы смѣлѣе бы, какъ только объективъ былъ бы объективъ въ

солнцу, нити эти при наблюдениях надъ солнцемъ не претерпѣваютъ ни малѣйшаго измѣненія. До сихъ поръ еще не удалось рѣшить, отчего происходитъ это удивительное явленіе; можетъ-быть, оно объясняется именно тонкостью нитей, а, можетъ-быть, причина его кроется кромѣ того, въ особенныхъ свойствахъ вещества паутины, наприм., необыкновенной теплопроводности. При этомъ, для приготовленія сѣтки нитей употребляютъ не ту паутину, изъ которой пауки дѣлають тенета, а ту, изъ которой соткана оболочка ихъ яицъ, приче-

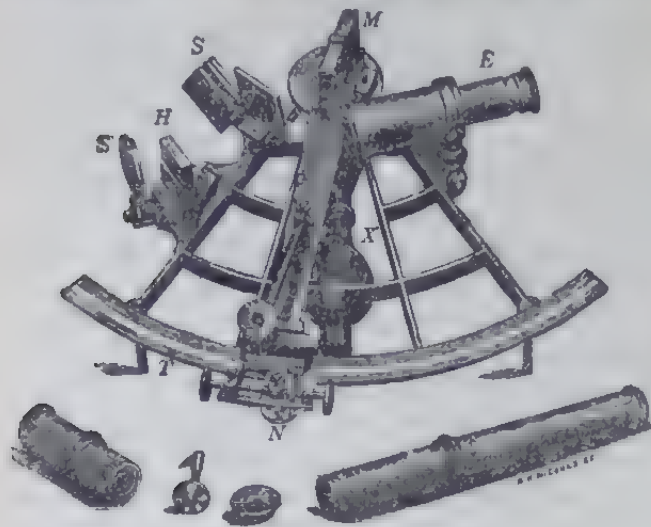


Рис. 280.

о зрительныхъ трубахъ, мы приступимъ къ описанію современныхъ инструментовъ, приче-  
мъ прежде всего опишемъ приборъ, которымъ въ настоящее время почти не пользуются астрономы на постоянныхъ обсерваторіяхъ, но которымъ зато въ большомъ ходу у моряковъ путешественниковъ и любителей астрономіи. Это такъ называемый отражательный секстантъ, изобрѣденный въ 1730 г. Гомеомъ Годфреемъ, филладельфическимъ стекловѣдомъ, и, независимо отъ него, въ 1731 г. богатымъ англійскимъ помещикомъ

Джономъ Гадлеемъ, по имени котораго онъ и называется секстантомъ Гадлея. Д. Гадлей, кромѣ того, первый нашелъ способъ болѣе или менѣе удовлетворительной шлифовки вогнутыхъ зеркалъ и въ 1723 году построилъ первый зеркальный телескопъ значительныхъ размѣровъ, вследствие чего его первѣю ошибку считаютъ инструментальнымъ мастеромъ. Почти одновременно, можетъ-быть, даже нѣсколько раньше, и Ньютонъ построилъ инструментъ, основанный на томъ же принципѣ, какъ видно изъ письма его, написаннаго въ 1742 г. между бумагами, оставленными Галлеемъ.

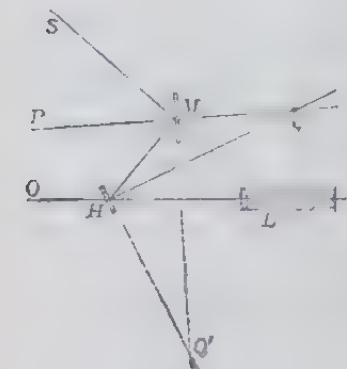


Рис. 281.

въ любомъ направленіи относительно горизонту. Онъ состоитъ обыкновенно изъ круговаго сектора  $TMN$  въ центрѣ котораго  $M$  укрѣплена вращающаяся алидада  $NM$ ; въ  $N$  она соединена съ веревочкой, а въ  $M$  съ зеркаломъ, которое укрѣплено перпендикулярно къ ней и отражающая поверхность котораго проходитъ какъ-разъ черезъ центръ сектора. Въ точкѣ  $H$  также перпендикулярно къ плоскости инструмента, укрѣплено другое, меньшее зеркало — фронтальное линіи, составляющей центръ сектора съ начальной точкой раздѣленнаго края  $TN$ , такъ что плоскость этого зеркала будетъ параллельна плоскости зер-

ка, въ силу обстоятельствъ, пользуются продуктами различныхъ породъ пауковъ, именно тѣхъ, которые чаще всего встрѣчаются. Коконъ и нити обыкновеннаго комнатнаго паука (*Tegenaria domestica*) также пригодны для этой цѣли, но въ послѣднемъ случаѣ, нити нужно вытягивать непосредственно изъ самаго паука, заставляя его падать и наматывая паутину, которую онъ при этомъ выпускаетъ, напр., на вилку.

§ 8. Отражательный секстантъ Гадлея. Послѣ этого предварительнаго замѣчанія

кала  $M$ , при томъ положеніи алидады, когда индексъ ея  $N$  стоитъ какъ-разъ на начальной точкѣ дѣленій, находящейся на рисункѣ справа.

Верхняя половина зеркальца  $H$  не амальгамирована, такъ что лучъ свѣта, идущій отъ отдаленнаго предмета  $O$  (рис. 281), пройдя черезъ нее, можетъ попасть прямо въ глазъ наблюдателя или въ зрительную трубу  $E$ . Если вращать алидаду съ укрѣпленнымъ на ней зеркаломъ  $M$  до тѣхъ поръ, пока лучъ, идущій отъ второго предмета  $S$  и падающій на большее зеркало  $M$  по направленію  $SM$ , отразившись отъ него по линіи  $MI$ , упадетъ на нижнюю часть зеркальца  $H$ , то, пойдя отсюда по прямой  $HE$ , онъ попадетъ, наконецъ, въ зрительную трубу и затѣмъ въ глазъ наблюдателя, такъ что наблюдатель одновременно увидитъ въ полѣ трубы предметъ  $O$  сквозь верхнюю прозрачную часть зеркала  $H$  и предметъ  $S$ , отразившійся отъ обоихъ зеркалъ. Тогда, закрѣпивъ алидаду  $NM$  (рис. 280) и слегка передвигая ее посредствомъ микрометричнаго винта  $X$ , можно достигнуть того, что изображенія предметовъ  $O$  и  $S$  (рис. 281) покроютъ другъ друга, или совершенно совпадутъ другъ съ другомъ. Но такъ какъ углы, образуемые съ плоскостью зеркала лучомъ падающимъ и лучомъ отраженнымъ, равны между собою, а лучъ, отраженный отъ зеркала  $M$ , долженъ имѣть постоянно одно и то же направленіе  $MI$ , то дуга, пройденная прикрѣпленнымъ къ алидадѣ верньеромъ  $N$  отъ начальной точки, будетъ равна половинѣ угла, подъ которымъ глазъ наблюдателя видитъ разстояніе между предметами  $O$  и  $S$ . Въ самую даль, измѣненіе угла между лучами падающимъ и отраженнымъ всегда будетъ вдвое больше угла поворота зеркала; въ данномъ же случаѣ, когда отраженный лучъ постоянно имѣетъ одно и то же направленіе, измѣненіе это представляетъ собою не что иное, какъ уголъ, образуемый направленіями отъ наблюдателя на оба предмета. Поэтому мастера разставляютъ по дугѣ  $TN$  цифры такимъ образомъ, что вмѣсто каждаго полуградуса пишутъ цѣлый градусъ, такъ что полученные отсчеты будутъ какъ-разъ равны какому-нибудь углу  $OES$ , образуемому въ глазѣ наблюдателя предметами  $O$  и  $S$ .

Въ настоящее время меньшее зеркало замѣняютъ обыкновенно призмой; это измѣненіе впервые было предложено Амичи и Штейнгейлемъ и представляетъ значительныя выгоды.

Очевидно, что совпаденіе изображеній въ зрительной трубѣ не будетъ нарушено, если секстантъ поворачивать около трубы, г.-е. около оси  $EH$ , или если эти изображенія отъ центра поля зрѣнія передвинутся къ краю. Поэтому-то такимъ инструментомъ весьма удобно пользоваться на морѣ, гдѣ обыкновенно наблюдаютъ имъ, держа его за рукоятку  $X$  (рис. 280), такъ что, несмотря на качаніе корабля, изображенія обоихъ предметовъ не выходятъ изъ поля зрѣнія трубы. Замѣтимъ еще, что для наблюденій надъ солнцемъ при  $S$  и  $S'$  (рис. 280) помѣщаются цвѣтные стекла, которыми можно защитить глазъ отъ солнечныхъ лучей, при наблюденіи же менѣе свѣтлыхъ предметовъ ихъ можно устранить съ пути лучей, идущихъ отъ наблюдаемыхъ предметовъ.

§ 9. **Повѣрка отражательнаго секстанта.** Прежде, чѣмъ приступить къ описанію наблюденій, производимыхъ отражательнымъ секстантомъ, сдѣлаемъ одно предварительное замѣчаніе, относящееся и ко всемъ остальнымъ инструментамъ.

Не разъ мы уже упоминали, что ни одинъ инструментъ не можетъ выйти изъ рукъ мастера совершенно безъ всякихъ недостатковъ, а если бы это когда-нибудь и случилось, то подъ дѣйствіемъ дѣлаго ряда вредныхъ вліяній онъ не могъ бы долго оставаться въ такомъ состояніи. Поэтому всегда, прежде, чѣмъ приступить къ наблюденіямъ, нужно убѣдиться, выполнены ли на самомъ дѣлѣ всѣ тѣ условія, которымъ долженъ удовлетворять инструментъ, а если нѣтъ, то опредѣлить его ошибки и по возможности исправить ихъ; если же этого сдѣлать нельзя, то, по крайней мѣрѣ, ввести ихъ въ вычисления. Эта операція называется повѣркою инструмента. Въ секстантѣ, какъ было уже сказано при описаніи, оба зеркала должны быть перпендикулярны къ плоскости инструмента и, кромѣ того, когда алидада стоитъ на нулѣ, зеркала должны быть параллельны другъ другу. Если

последнее условие не выведено, то ошибка эта, являющаяся самой важной из ошибок секстанта, называется коллимационной ошибкой.

Чтобы определить коллимационную ошибку, устанавливают алидаду приблизительно на нулевую точку деления и смотрят в зрительную трубу на какойнибудь предмет съ резко определенными очертаниями. Слегка передвигая алидаду, можно достигнуть того, что в трубу получится два изображения этого предмета, такъ какъ наблюдатель будетъ его видѣть, во-первыхъ, непосредственно черезъ верхнюю часть маленькаго зеркала, во-вторыхъ, посредствомъ отраженія отъ большаго, а затѣмъ при помощи микрометричнаго винта можно заставить эти изображенія совершенно совпасть другъ съ другомъ. Если при этомъ алидада не будетъ стоять на нуль, а будетъ, напримеръ, отстоять отъ него на  $0^{\circ}30'$  въ сторону точки *T* (рис. 280), то при наблюденіяхъ этимъ инструментомъ нужно каждыи отсчетъ уменьшать на  $0^{\circ}30'$ , чтобы получить истинный уголъ между предметами. Если же алидада будетъ лежать по другую сторону точки нуля, то ко всемъ наблюдаемымъ угламъ нужно прибавлять соответствующую величину. Если же нельзя достигнуть того, чтобы оба изображенія совпали, и если при передвиженіи алидады они будутъ скользить одно около другаго, то это послужитъ признакомъ, что маленькое зеркало не лежитъ перпендикулярно къ плоскости раздѣленной дуги. Въ этомъ случаѣ, при помощи винтика, находящагося подъ зеркальцемъ, можно придать ему надлежащій наклонъ къ этой плоскости, и тогда оба изображенія совпадутъ.

Но еще лучше определять коллимационную ошибку не по земному предмету, а по солнцу. Получивъ два изображенія истинно съ резко ограниченными краями, приводить въ совпаденіе противоположные края сначала съ одной, потомъ съ другой стороны, отмѣчая при этомъ положеніе алидады; подсумма отсчетовъ даетъ намъ коллимационную ошибку, а полуразность — диаметръ солнца. Последнее дается въ астрономическихъ формулахъ, что даетъ возможность повѣрить хорошо ли сделаны наблюденія и можно ли на нихъ положиться.

§ 10. Наблюденія отражательнымъ секстантомъ. Отражательный секстантъ предназначенъ, главнымъ образомъ, для того, чтобы непосредственно измѣрять угловое разстояніе между двумя предметами, при любомъ положеніи линіи ихъ соединяющей, относительно небеснаго свѣта. Чтобы опредѣлить угловое разстояніе двухъ предметовъ, напримеръ, двухъ баншекъ или звѣздъ, взявъ секстантъ правой рукой за рукоятку *X* (рис. 280), держатъ ему такое положеніе, чтобы одинъ изъ этихъ предметовъ *O* (рис. 281) былъ виденъ въ трубу *E* непосредственно черезъ верхнюю часть зеркальца *H*, т. е. чтобы ось этой трубы совпала съ направлениемъ *EO* на одинъ изъ предметовъ. Затѣмъ поворачиваютъ весь инструментъ около трубы, какъ около оси, до тѣхъ поръ, пока плоскость инструмента будетъ проходить черезъ другой предметъ *S* и затѣмъ, если, конечно, первый предметъ не выйдетъ изъ поля зрѣнія трубы — передвигаютъ алидаду *QM* до тѣхъ поръ пока и второй предметъ *S* не будетъ виденъ въ трубу. Въ этомъ положеніи азимутнымъ винтомъ передвигаютъ алидаду къ лимбу и передвигаютъ ее микрометричнымъ винтомъ *X* (рис. 280) до тѣхъ поръ, пока изображенія предметовъ въ полѣ зрѣнія трубы не совпадутъ вѣрныи. Отсчетъ, которому будетъ соответствовать положеніе верньера, исправленный на коллимационную ошибку, даетъ истинный уголъ между предметами *O* и *S*.

Члне всего пользуются секстантомъ для опредѣленія высотъ звѣздъ и особенно солнца, чтобы вывести изъ этихъ наблюденій высоту полюса и время. Если нужно опредѣлить высоту солнца, находясь въ сушѣ, то употребляютъ такъ называемый искусственный горизонтъ, т. е. строго-горизонтальную зеркальную поверхность, для чего берутъ обыкновенно сосудъ, и поливаютъ ртутью, такъ какъ ртуть уже по самой природѣ своей образуетъ совершенно горизонтальную зеркальную поверхность. Затѣмъ приводятъ зрительную трубу секстанта такое положеніе, чтобы въ нее можно было видѣть непосредственно сквозь

верхнюю часть зеркальца изображение звезды въ горизонтъ, послѣ чего вращаютъ инструментъ вокругъ трубы, какъ около неподвижной оси до тѣхъ поръ, пока плоскость его приметъ вертикальное положеніе. Когда удастся этого достигнуть, тогда, наблюдая, чтобы отраженное отъ искусственнаго горизонта изображение звезды не выходило изъ поля зрѣнія трубы, передвигаютъ алидаду *NM* (рис. 280) то вверхъ, то внизъ до тѣхъ поръ, пока не появится въ полѣ зрѣнія и второе изображеніе, отраженное отъ большаго зеркала и отъ нижней части меньшаго. Тогда закрѣпляютъ алидаду зажимнымъ винтомъ и при помощи микрометричнаго винта заставляютъ оба изображенія совпасть. Отсчитать, противъ котораго стоитъ алидада, дать удвоенную высоту наблюдаемой звезды.

Чтобы предохранить ртутный горизонтъ отъ вліянія движенія воздуха и возникающихъ вслѣдствіе этого вознѣ, вредящихъ ясности изображенія, его покрываютъ крышккой изъ двухъ стекляннхъ пластинокъ, ограниченныхъ строго-параллельными плоскостями. Вѣсего стекла можно также употребить одинъ изъ сортовъ слюды, извѣстный подъ названіемъ «Frauenglas» или «Miroir d'ape», такъ какъ слюда уже по своей природѣ расплывается на листочки, ограниченные вполне параллельными плоскостями. Искусственные горизонты, состоящіе изъ зеркалъ и устанавливающіеся въ горизонтальномъ положеніи помощью уровней, гораздо удобнѣе, но менѣе надежны, чѣмъ ртутные горизонты.

На морѣ же пользуются для этой цѣли морскимъ горизонтомъ, т.-е. линіей, отдѣляющей поверхность моря отъ неба, совмѣщая въ полѣ зрѣнія трубы эту линію съ наблюдаемой звездой.

Изъ вышесказаннаго видно, что наблюденія секстантомъ не требуютъ ни прочной установки послѣдняго, ни ориентировки его относительно горизонта или экватора, словомъ, никакихъ приготовленій. Кромѣ того, секстантъ является единственнымъ инструментомъ, которымъ можно пользоваться, не ставя его при этомъ постоянно на одно и то же, разъ навсегда опредѣленное мѣсто, а просто держа его въ рукѣ, и это дѣлаетъ его незамѣнимымъ инструментомъ для моряковъ, когда нужно опредѣлить время и мѣсто, гдѣ находится корабль, и для путешественниковъ по неизвѣстнымъ странамъ, когда нужно произвести опредѣленіе географическаго положенія какого-нибудь пункта.

Прежде всего мы будемъ говорить объ опредѣленіи географической широты и для этого сошлемся на § 18 введенія. Тамъ было показано, что полуденная, или кульминаціонная, высота звезды связана весьма простымъ соотношеніемъ съ склоненіемъ этой звезды и высотой экватора надъ горизонтомъ, или географической широтой мѣста наблюденія, такъ что, смотря по тому, имѣетъ ли звезда сѣверное или южное склоненіе, будетъ выполняться одно изъ слѣдующихъ уравненій:

высота экватора = высота — склоненіе, для сѣвернаго склоненія;

или высота экватора = высота + склоненіе, для южнаго склоненія.

Проще и удобнѣе всего наблюдать полуденную высоту солнца въ какой-нибудь опредѣленный день, такъ какъ отсюда почти безъ всякаго вычисленія можно получить широту мѣста наблюденія, придавъ къ наблюдаемой высотѣ данное въ эфемеридахъ склоненіе солнца съ соответствующимъ знакомъ и взявъ затѣмъ дополненіе полученной высоты экватора до 90°; это и будетъ искомая высота полюса надъ горизонтомъ, или географическая широта. Положимъ, напримѣръ, что капитанъ какого-нибудь корабля, отправившагося въ долгое плаваніе, нашелъ, что 12-го іюня 1894 г. высота солнца была 58° 15'; такъ какъ въ полдень этого дня склоненіе солнца было 23° 11' къ сѣверу отъ экватора, то

$$\text{высота экватора} = 58^\circ 15' - 23^\circ 11' = 35^\circ 4',$$

$$\text{откуда географич. широта} = 90^\circ - 35^\circ 4' = 54^\circ 56'.$$

Что касается мѣснаго времени, то опредѣленіе его важно не только для моряковъ и путешественниковъ, но составляетъ также одну изъ главнѣйшихъ задачъ астрономовъ-практиковъ. Въ самомъ дѣлѣ, небесныя свѣтила непрерывно измѣняютъ свое положеніе



относительно глаза наблюдателя не только вследствие суточного движениа небеснаго свода, но и вследствие присущаго некоторымъ изъ нихъ собственнаго движениа. Поэтому для астронома недостаточно получить, напримѣръ, только высоту какой-нибудь звѣзды, хотя бы съ величайшей точностью; онъ долженъ еще не менѣе точно знать время, когда онъ пронаблюдалъ эту высоту. Однако, эта причина не единственная; астрономамъ необходимо точно знать время еще и потому, что уже издавна на нихъ возложена обязанность опредѣлять время для общаго пользованія. Такъ какъ, кромѣ того, точно знать время необходимо всякому образованному человѣку, распредѣляющему свои дѣла въ зависимости отъ времени, то мы считаемъ не лишнимъ изложить здѣсь главнѣйше способы опредѣленія времени, а также привести цѣлый рядъ вспомогаельныхъ средствъ, изобрѣтенныхъ для того, чтобы по возможности облегчить опредѣленіе времени или, что то же, поправки часовъ, для людей, не занимающихся специально астрономіей.

§ 11. **Опредѣленіе времени вообще.** Преніе астрономы пользовались для опредѣленія времени преимущественно армиллярной сферой (§ 3). Съ этой цѣлью они устанавливали армиллярную сферу въ меридіанъ и направляли кругъ склоненія (рис 275, стр. 781) на какую-нибудь яркую неподвижную звѣзду, прямое восхожденіе которой было уже извѣстно; отсчетъ, получавшійся при этомъ на экваторіальномъ кругѣ, давалъ какъ-разъ часовой уголъ наблюдаемой звѣзды. Сумма полученнаго часового угла и прямого восхожденія звѣзды давала звѣздное время наблюденія (введеніе, § 23), откуда негрудно было найти и соответствующее среднее солнечное время (часть I, § 97). Этотъ способъ значительно упрощается, если вмѣсто неподвижной звѣзды наблюдать солнце, такъ какъ тогда полученный часовой уголъ солнца даетъ непосредственно истинное солнечное время наблюденія (часть I, § 94).

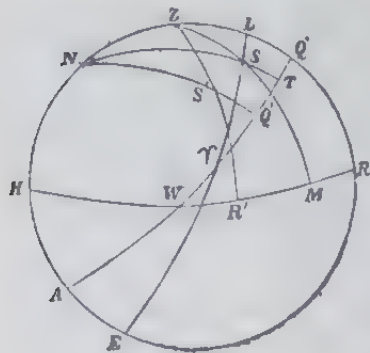


Рис. 282.

Но такъ какъ ни конструкция, ни установка армиллярной сферы не отличались большой точностью, то не могло быть точнымъ и опредѣленіе времени при помощи этого инструмента. Поэтому съ давнихъ временъ старались придумать способъ, при помощи котораго можно было бы болѣе точно опредѣлять время. Лучшій способъ основанъ на томъ, что высота звѣзды мѣняется съ теченіемъ времени. При своемъ суточномъ обращеніи вокругъ земли, каждая звѣзда проходитъ по-

слѣдовательно черезъ всѣ тѣ высоты, какія она можетъ имѣть по положенію своего параллельнаго круга относительно горизонта наблюдателя, и такъ какъ каждому часовому углу ея соответствуетъ опредѣленная высота, то и обратно, каждой данной высотѣ соответствуетъ опредѣленный часовой уголъ, а слѣдовательно, и опредѣленное время. Слѣдовательно, можно найти время, если удастся какою-нибудь способомъ пронаблюдать высоту звѣзды.

Пусть (рис. 282)  $S$  будетъ положеніе солнца въ тотъ моментъ, для котораго мы желаемъ опредѣлить время; пусть, далье,  $Z$  будетъ зенитъ, а  $N$  — сѣверный полюсъ экватора. Если мы пронаблюдаемъ высоту  $SM$  солнца надъ горизонтомъ  $HR$ , то будемъ знать и зенитное разстояніе  $ZS$ , которое равно дополненію высоты до  $90^\circ$  (введеніе, § 8). Въ астрономическихъ эфемеридахъ можно найти полярное разстояніе  $NS$  солнца для даннаго дня, равно какъ и высоту полюса  $HN$ , т.е. географическую широту мѣста наблюденія, которое, очевидно, дополняетъ  $ZN$  до  $90^\circ$ . Такимъ образомъ, въ сферическомъ треугольникѣ  $NZS$  извѣстны всѣ три стороны, и, слѣдовательно, по формуламъ сферической тригонометри можно точно вычислить уголъ  $ZNS$  этого треугольника. Но этотъ уголъ есть не что иное, какъ часовой уголъ солнца, т.е. искомое истинное солнечное время (часть I, § 94).

При опредѣленіи времени по высотамъ свѣтилъ нужно еще принять во вниманіе

слѣдующее обстоятельство. Высота всѣхъ звѣздъ, а также и солнца, въблизи меридіана мѣняется очень медленно, а при прохожденіи черезъ меридіанъ въ некоторое время даже и совершенно не мѣняется; поэтому было бы весьма нецѣлесообразно, если бы мы пожелали для опредѣленія времени воспользоваться мало отличающимися другъ отъ друга около-меридіанними высотами свѣтила. Но чѣмъ дальше звѣзда отстоитъ отъ меридіана, тѣмъ быстрѣе мѣняется ея высота, и самое быстрое измѣненіе высоты бываетъ тогда, когда звѣзда находится недалеко отъ вертикальнаго круга, проходящаго черезъ точки востока и запада и извѣстнаго подъ именемъ перваго вертикала. Слѣдовательно, съ цѣлью опредѣленія времени, выгоднѣе всего наблюдать высоты звѣздъ въ этой части неба.

Если для опредѣленія истиннаго времени нельзя воспользоваться солнцемъ и приходится наблюдать какую-нибудь изъ извѣстныхъ звѣздъ, что случается очень часто, напр., когда нужно опредѣлять моментъ наблюденія, сдѣланнаго ночью, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Пусть будетъ  $\Upsilon Q'$  прямое восхожденіе и  $NS'$  полярное разстояніе наблюдаемой звѣзды, и пусть въ моментъ наблюденія солнце находится въ точкѣ  $S$  эклиптики  $EL$ , такъ что  $\Upsilon S$  будетъ его долгота, а  $\Upsilon T$  прямое восхожденіе, которое дается въ астрономическихъ эфемеридахъ. Если пронаблюдать высоту  $SR$ , или, что то же самое, зенитное разстояніе  $ZS$  звѣзды, то изъ треугольника  $NZS'$ , въ которомъ также всѣ три стороны будутъ извѣстны, вычисленіемъ можно опредѣлять часовою уголъ звѣзды  $ZNS'$ , т. е. дугу экватора  $QQ'$ . Тогда, очевидно, будемъ имѣть:

$$TQ = \Upsilon Q - \Upsilon T, \text{ или } TQ = QQ' + \Upsilon Q' - \Upsilon T,$$

такъ что некое истинное солнечное время опредѣлится изъ уравненія:

истинное время = часовому углу -- прямое восхожденіе звѣзды -- прямое восхожденіе солнца

Если въ послѣднемъ членѣ, для удобства вычисленій, вмѣсто прямого восхожденія истиннаго солнца подставимъ прямое восхожденіе средняго солнца (часть I, § 95), то вмѣсто истиннаго солнечнаго времени получимъ непосредственно среднее время, по этому времени и отмѣчаютъ очень часто современные астрономы моменты своихъ наблюденій.

Гихо первый началъ заботиться о бѣльшей точности опредѣленія времени; онъ пользовался для наблюденія высотъ своимъ большимъ и по тому времени очень точнымъ квадрантомъ, которымъ онъ опредѣлялъ высоты съ точностью до 1', такъ что самое время получалось несравненно точнѣе, чѣмъ при наблюденіяхъ съ армиллярнон сферой.

Прежние астрономы должны были для каждаго болѣе или менѣе важнаго наблюденія претиринимать отдѣльное опредѣленіе времени, такъ какъ они не умѣли раздѣлять значительныя промежутки времени на болѣе малыя равныя части, иначе говор., такъ какъ у нихъ не было часовъ. Такимъ образомъ, каждое произвольное ими наблюденіе являлось, въ сущности, двойнымъ, потому что имъ однимъ изслѣдованіемъ приходилось производить самое наблюденіе, напр., наблюденіе начала зѣмьня, а другимъ опредѣлять время, что требовало довольно много вычисленій, кромѣ того оба наблюденія требовалось сдѣлать одновременно, такъ что нужны были не только два инструмента, но и два наблюдателя. И пока не было придумано механизма, свое бѣло производить правильное и вполнѣ равномерное движеніе, приходилось пользоваться этимъ колючимъ и отнимающимъ много времени приемомъ. Теперь же мы имѣемъ такой инструментъ: это часы, о которыхъ мы будемъ подробно говорить впоследствии. Благодаря этому изобрѣтенію имѣть болѣе необходимость одновременно съ наблюдѣніемъ какого-нибудь небеснаго явленія опредѣлять и время, достаточно время отъ времени сравнивать часы съ солнцемъ или со звѣздами, чтобы затѣмъ по способу, который будетъ изъясненъ ниже (§ 20), опредѣлять состояніе часовъ, т. е. ихъ поправку, въ моментъ наблюденія.

Если задача заключается только въ томъ, чтобы опредѣлить время полудня, и при этомъ не требуется бѣльшей точности, то простѣйшимъ инструментомъ, пригоднымъ для

этой тѣни, несомнѣнно, является гномонъ, о которомъ мы уже не разъ упоминали (часть I, § 23, часть IV, § 2). Въ первоначальной своей формѣ онъ состоитъ изъ прямолинейнаго шеста, при помощи котораго устанавливается на горизонтальной плоскости перпендикулярно къ ней. Освѣщаемый солнцемъ, онъ будетъ отбрасывать на горизонтальную плоскость тѣнь, перемѣщающуюся вмѣстѣ съ солнцемъ. Тѣнь эта будетъ тѣмъ короче, чѣмъ ближе солнце къ меридиану, или къ полудню. Въ равныхъ разстояніяхъ отъ полудня даннаго дня, напримѣръ, за 3 или за 4 часа до и послѣ него, длина тѣни будетъ одна и та же, равно какъ и разстояніе конечной ея точки отъ меридиана, такъ что углы, образуемые ею съ полуденной линіей, будутъ равны между собою.

Этихъ немногихъ замѣчаній достаточно, чтобы сумѣть построить полуденную линію. Съ помощью шурка, прикрѣпленнаго къ основанію шеста, вокругъ этого основанія, какъ вокругъ центра, описываютъ нѣсколько концентрическихъ окружностей различныхъ радиусовъ и отмѣчаютъ на каждой изъ нихъ по 2 точки, которыхъ касается конецъ тѣни шеста до и послѣ полудня. Полученныя такимъ образомъ дуги дѣлятъ пополамъ и каждую изъ точекъ дѣленія соединяютъ съ основаніемъ шеста прямою, которую чертятъ на горизонтальномъ полу. Эта прямая и будетъ полуденной линіей, и когда въ слѣдующіе дни тѣнь шеста совпадетъ съ полуденной линіей, наступитъ какъ-разъ моментъ истиннаго полудня для соответственнаго дня. Собственно говоря, достаточно было бы для этой цѣли и одного круга; остальные чертятся только для того, чтобы можно было повторить опытъ и убѣдиться, что онъ выполненъ достаточно точно. Всѣ полученныя линіи должны совпасть другъ съ другомъ: во обыкновенно этого не бываетъ, такъ какъ невозможно совершенно точно замѣтить конецъ тѣни шеста, и потому изъ всѣхъ линій нужно взять среднее положеніе. Это опредѣленіе удобнѣе всего производить во время солнцестояннн (введете, § 11), такъ какъ тогда склоненіе солнца мѣняется всего медленнѣе.

Только-что изложенный способъ опредѣленія времени полудня очень несложенъ, а устройство гномона доступно каждому. Однако, если установить гномонъ на открытомъ воздухѣ, то имъ нельзя будетъ долго пользоваться, такъ какъ подъ вліяніемъ вѣтра, погоды, толчковъ отъ проходящихъ людей и животныхъ, онъ можетъ измѣнить свое положеніе. Это можно безъ особаго труда и затратъ устроить всего на нѣсколько дней, чтобы въ теченіе этого времени опредѣлить поправку и ходъ часовъ, и затѣмъ съ помощью послѣднихъ опредѣлить время полудня, способомъ, который мы сейчасъ опишемъ.

Положимъ для простоты, что въ домѣ есть окно, обращенное на югъ, по крайней мѣрѣ, приблизительно, такъ что солнце освѣщаетъ его въ полдень. Если въ ясный день при помощи гномона или выѣбранныхъ часовъ опредѣлить моментъ истиннаго полудня и отмѣнить на полу или на стѣнѣ комнаты то мѣсто, гдѣ въ этотъ моментъ будетъ лежать тѣнь отъ оконнаго переплета или косяка, то, когда въ слѣдующіе дни тѣнь опять упадетъ на то же мѣсто, наступитъ для этого дня моментъ истиннаго полудня.

Этимъ способомъ можно опредѣлять время не только въ меридианѣ, но и въ любомъ азимутѣ, только въ послѣднемъ случаѣ нужно произвести тригонометрическія вычисленія, чтобы найти соответствующій данному азимуту часовой уголъ такимъ же приблизительно путемъ, какимъ опредѣляется онъ по высотѣ.

Если же хотѣть знать не солнечное, а звѣздное время, то, по предложенію Ольберга, можно весьма просто опредѣлять его, наблюдая исчезновеніе звѣзды за отдаленной башней или за стѣной или крышей отдаленнаго дома, причемъ опредѣленіе это будетъ отличаться значительной точностью, такъ какъ исчезновеніе звѣзды происходитъ моментально, если только земной предметъ находится на разстояніи нѣсколькихъ сотъ метровъ отъ глаза наблюдателя, и увеличеніе тѣнны съ которой производится наблюденія, не очень сильно.

Склоненіе неподвижныхъ звѣздъ не мѣняется, а потому исчезновеніе звѣзды за земнымъ предметомъ происходитъ всегда при одномъ и томъ же часовомъ углѣ, конечно, если

при этомъ остается неизмѣннымъ положеніе глаза наблюдателя. А такъ какъ сумма часового угла и прямого восхожденія звѣзды, которое также не мѣняется, даетъ звѣздное время наблюденія (введеніе, § 23), то исчезновеніе звѣзды происходитъ всегда въ одинъ и тотъ же моментъ по звѣздному времени, который поэтому достаточно опредѣлить разъ навсегда. Но при этомъ, какъ уже сказано, нужно чтобы глазъ наблюдателя всегда находился въ одномъ и томъ же положеніи. Этому требованію можно удовлетворить различными способами: можно, напримѣръ, вбить въ косякъ болшой крѣпкой гвоздь наклонно къ горизонту, такъ чтобы труба во время наблюденія могла свободно помынаться въ уголъ, образуемомъ гвоздемъ съ косякомъ, и когда труба приведена въ это положеніе, ей придаютъ такое направленіе, чтобы то мѣсто банни, за которымъ исчезаетъ звѣзда, усматривалось глазомъ какъ-разъ въ серединѣ поля зрѣнія трубы.

Этимъ же способомъ можно производить наблюденія и съ часами, идущими по среднему солнечному времени, принявъ только во вниманіе, что по среднему времени исчезновеніе звѣзды будетъ наступитъ съ каждымъ днемъ на  $3^m 55,9^s$  раньше, чѣмъ въ предыдущій день (часть I, § 97). Вслѣдствіе этого, выбранная для наблюденія звѣзда съ каждымъ днемъ все раньше будетъ подходить къ земному предмету, такъ что, въ концѣ концовъ, ее совсѣмъ нельзя будетъ разсмотрѣть въ слабую трубу. Въ самомъ дѣлѣ, суточное измѣненіе въ  $3^m 55,9^s$ , суммируясь, за мѣсяць достигаетъ почти 2 часовъ, а за полгода 12 часовъ. Однако, этому легко помочь, если съ самыхъ первыхъ ночей наблюдать не одну, а нѣсколько звѣздъ, которыя исчезали бы черезъ часъ, или черезъ полчаса одна послѣ другой. Когда черезъ нѣсколько времени не только первая, но и послѣдняя изъ этихъ звѣздъ начнутъ исчезать слишкомъ рано, къ нимъ нужно присоединить такимъ же образомъ новыя звѣзды. Если подобрать 15 — 20 такихъ звѣздъ, то въ течение цѣлаго года можно будетъ ежедневно наблюдать въ удобное для этого время, по крайней мѣрѣ, по одной звѣздѣ.

Замѣтимъ, между прочимъ, что исчезновеніе яркихъ звѣздъ за земными предметами даетъ намъ возможность напростѣйшимъ способомъ отыскивать звѣзды днемъ. Для этого нужно только незадолго до того момента звѣзднаго времени, когда звѣзда должна исчезнуть, направить трубу на то мѣсто, гдѣ это исчезновеніе происходитъ.

§ 12. **Диплейдоскопъ Дента и пассажная призма Штейнгейля.** Другой, очень простой инструментъ, пригодный для опредѣленія времени во всѣхъ случаяхъ, гдѣ не требуется большой точности, есть диплейдоскопъ, изобрѣченный знаменитымъ англійскимъ часовымъ мастеромъ Дентомъ. Онъ состоитъ изъ трехъ стеклянныхъ пластинокъ, ограниченныхъ параллельными плоскостями, и образующихъ призму, дающую съ сѣчени плоскостію, перпендикулярною къ ребрамъ призмы, равнобедренный треугольникъ. Передняя пластинка прозрачная, а двѣ другія съ задней стороны амальгамированы. Та часть лучей, которая отразится непосредственно отъ передней пластинки, даетъ одно изображеніе солнца, а та, которая пройдетъ черезъ пластинку, даетъ дважды отразившись отъ амальгамированныхъ пластинокъ и пройдя вторично черезъ переднюю, второе изображеніе. Такъ какъ первое изъ нихъ получилось вслѣдствіе простого отраженія, а второе вслѣдствіе двойного, то при движеніи солнца по небу, изображенія эти будутъ двигаться навстрѣчу другъ другу; нетрудно доказать, что они должны совершенно совпасть, когда солнце вступитъ на вертикаль, совпадающую съ плоскостію той амальгамированной пластинки, къ которой прилежатъ оба равные угла. Это совпаденіе можно замѣтить очень отчетливо, особенно если пользоваться хотя бы самой маленькой зрительной трубой, благодаря тому, что изображенія передвигаются по противоположнымъ направленіямъ, такъ что при помощи этого простого прибора, установивъ его, напримѣръ, на подоконникъ, можно очень точно пронаблюдать прохожденіе солнца черезъ меридианъ или любой другой вертикаль и при нѣкоторомъ стараніи можно опредѣлять время съ точностью до  $1^s$ .

Этотъ инструментъ имѣетъ, однако, то неудобство, что оба изображенія приходится

разсматривать сбоку, и, кроме того, наблюдать обращенъ спиной къ наблюдаемому предмету. Поэтому, согласно предложению Штейнгейла, удобнее употребить массивную стеклянную призму  $abc$  (рис. 283), одна изъ стѣнокъ которой  $ab$  параллельна тому направлению, по которому смотритъ наблюдатель. Призма должна быть отшлифована такимъ образомъ, чтобы остальные двѣ стѣнки составляли съ первой при  $a$  и при  $b$  равные углы. Положимъ



Рис. 283.

сначала, что лучи отъ какого-нибудь отдаленнаго предмета, напримеръ, отъ звѣзды, идутъ параллельно плоскости  $ab$ , и пусть  $Sd$  есть одинъ изъ такихъ лучей, который пересѣкается съ призмой въ точкѣ  $d$ . Здѣсь онъ претерпѣваетъ преломленіе, идетъ дальше по направленію  $de$ , встрѣяется плоскостью  $ab$ , отражается отъ нея въ точкѣ  $e$ , затѣмъ идетъ по линіи  $ef$  до пересѣченія съ плоскостью  $bc$ , вторично преломляется и выходитъ изъ призмы по направленію  $fo'$ , параллельному  $Sd$ . Действительно, въ треугольникахъ  $adc$  и  $efb$  углы при  $a$  и при  $b$ , по предположенію, равны между собою, углы при  $e$ , т. е. углы паденія и отраженія, также равны между собою; следовательно, и третьи углы должны быть равны, т. е. уголъ при  $f$  равенъ углу при  $d$ , откуда, принявъ во вниманіе то обстоятельство, что при  $d$  происходитъ преломленіе изъ воздуха въ стекло, а при  $f$  обратное явленіе, заключаемъ, что уголъ  $O'fb = Sda$ , т. е. если лучъ  $Sd$  параллеленъ грани  $ab$ , то и выходящій лучъ  $fo'$  параллеленъ входящему  $Sd$ . Если положеніе глаза наблюдателя относительно призмы таково, что въ одну часть зрачка попадаютъ лучи, идущіе непосредственно отъ предмета, а въ другую тѣ, которые прошли черезъ призму, то наблюдатель одновременно видитъ звѣзду и безъ призмы, и сквозь призму, но такъ какъ тѣ и другіе лучи идутъ параллельно, то все они даютъ только одно изображеніе.

Если же направленіе на звѣзду не совпадаетъ строго съ продолженной плоскостью  $ab$ , а уклоняется, напримеръ, вправо отъ нея, то два луча  $SO$  и  $Sd$  (рис. 284), изъ которыхъ одинъ непосредственно попадаетъ въ глазъ, находящійся въ точкѣ  $O$ , а другой съ начала проходитъ черезъ призму, при вступленіи въ глазъ не будутъ уже параллельными, а будутъ составлять некоторый уголъ, вследствие чего глазъ увидитъ два изображенія звѣзды: одно по направленію  $OS$ , другое по направленію  $O'f$ , причемъ эти изображенія будутъ тѣмъ дальше другъ отъ друга, чѣмъ больше уголъ, образуемый падающимъ лучомъ съ плоскостью  $ab$ .



Рис. 284.

Такъ какъ желательно, чтобы оба изображенія были одинаково ярки, то нужно постараться придать глазу определенное положеніе относительно призмы, именно такое, чтобы продолженная плоскость  $ab$  дѣлила зрачекъ пополамъ. Всего лучше этого достигнуть, приладивъ къ призмѣ подлежащему обрѣзкомъ маленькую зрительную трубу. На рис. 285 изображенъ этотъ маленький инструментъ, извѣстный подъ названіемъ пассажной призмы Штейнгейла въ томъ видѣ, какой ему придаетъ Плессель.

Призма  $a$  установлена такимъ образомъ, что направленіе ея реберъ приблизительно параллельно направленію осей мира въ среднихъ широтахъ, а отражающія плоскости ея совпадаютъ съ плоскостью того вертикальнаго круга, на которомъ хотѣтъ производить наблюденія. Зрительную трубу  $b$ , увеличенную въ 3 или 4 раза, при помощи особаго приспособленія  $c$  можно приближать къ призмѣ или удалять отъ нея. Отражающія плоскости призмы должны быть параллельны столбу  $b$ , прикрѣпленному перпендикулярно къ верхней плоскости подставки  $e$ , такъ что приводя плоскость  $c$  въ горизонтальное положеніе, мы, вмѣстѣ съ тѣмъ, придаемъ призмѣ подлежащее положеніе въ одномъ направленіи (напр., въ направленіи меридіана) съ этою цѣлью послѣдніе инструменты снабжены подъемными винтами.

Чтобы установить, как слѣдуетъ, инструментъ по другому направленію, перпендикулярному къ первому (по направленію перваго вертикала), его сначала просто передвигаютъ на ножкахъ *f*, и если такимъ образомъ инструментъ придетъ случайно въ желаемое положеніе, то оставляютъ его въ этомъ положеніи, установивъ неподвижно его ножки на предназначенномъ для этого пьедесталѣ; въ противномъ же случаѣ опредѣляютъ ошибку установки и производятъ необходимую поправку при помощи винтиковъ *g*, дѣйствующихъ въ противоположныхъ направленіяхъ на неподвижно связанный съ пьедесталомъ штифтикъ *h*. При современномъ совершенствѣ зрительныхъ трубъ, изображенія получаются необыкновенно отчетливыя и ихъ соприкосновеніе замѣтить гораздо легче, чѣмъ трудно уловимое покрытіе изображеній, такъ что наблюденія эти отличаются большою точностью.

Для того, чтобы опредѣлить время, нужно установить плоскость *ab* въ меридіанъ, что проще всего достигается поворачиваніемъ призмы вокругъ вертикальной оси до тѣхъ поръ, пока въ нее не будетъ видно совпаденіе изображеній солнца какъ-разъ въ моментъ истиннаго полудня, послѣ чего вышеуказаннымъ способомъ неподвижно устанавливаютъ инструментъ въ этомъ положеніи.

§ 13. Приборъ Эбле для опредѣленія времени. Все вышеописанныя приспособленія ограничиваютъ опредѣленіе времени какимъ-нибудь однимъ моментомъ, а именно, если желаютъ избѣжать довольно длинныхъ вычисленій, моментомъ истиннаго полудня; исключеніе представляетъ только способъ Ольберса. Для людей, не занимающихся специально астрономіей, простѣйшимъ свободнымъ отъ этого ограниченія методомъ опредѣленія времени въ любой моментъ, является тотъ, который даетъ возможность, измѣривъ высоту какого-нибудь свѣтила, находящагося внѣ меридіана, всего лучше высоту солнца, опредѣлить время наблюденія по способу, описанному въ § 11. Наиболее подходящій для этой цѣли инструментъ есть отражательный секстантъ (§ 10); наблюденія этимъ инструментомъ для профессиональныхъ астрономовъ не представляютъ, конечно, никакихъ затрудненій, но они требуютъ значительнаго навыка; кромѣ того, дѣло сводится здѣсь къ рѣшенію сферическихъ треугольниковъ, которое не вѣсьма доступно, да и цѣна этого инструмента слишкомъ высока для того, чтобы каждый могъ его приобрести. Слѣдовательно, задача состоитъ въ томъ, чтобы произвести два упрощенія: во-первыхъ, придумать какой-нибудь простой способъ опредѣленія высоты звѣздъ съ достаточной степенью точности, во-вторыхъ, облегчить по возможности вычисленіе времени изъ этихъ наблюденій.

Чтобы удовлетворить первому требованію, пришлось снова обратиться къ астролябии древнихъ (§ 3), въ которой, однако, полный кругъ замѣнили круговымъ секторомъ. Надъ усовершенствованіемъ этого инструмента большіе успѣхи потрудились Эбле изъ Эльвангена; онъ же чрезвычайно остроумно видоизмѣнилъ старый и, такъ сказать, оживившій методъ графическаго рѣшенія геометрическихъ задачъ и такъ сумѣлъ воспользоваться имъ для опредѣленія времени, что оказалось возможнымъ обойтись въ этомъ случаѣ почти безъ всякихъ вычисленій. Его астрономическая сѣтка есть ничто въ родѣ вычислительной линейки, на которой непосредственно можно прочесть соответствующій часовый уголъ, такъ что всѣ трудности этой части работы устраняются, и при этомъ получается точность до полудюймовъ. Ясность прилагаемаго руководства къ употребленію и умѣренная

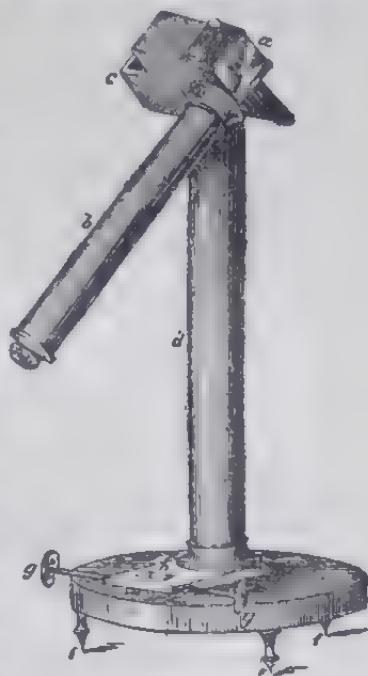


Рис. 285.

цѣна инструмента, изобрѣтеннаго Эбле, дѣлають его для всѣхъ доступнымъ, а точность его можетъ быть значительно увеличена, если построить его изъ металла, и если, кромѣ того, увеличить его размѣры.

Этотъ приборъ, которому Эбле далъ названіе прибора для опредѣленія времени, удовлетворяетъ всѣмъ вышеупомянутымъ требованіямъ; но Эбле этимъ не ограничился. Само собою разумѣется, что изобрѣтеніе его представляло огромныя преимущества для разрѣшенія предложенной задачи, такъ какъ описаннымъ аппаратомъ, согласно первоначальной цѣли изобрѣтателя, можно было пользоваться во всѣхъ географическихъ широтахъ; но, кромѣ того, вторая часть этого изобрѣтенія, которую мы назвали астрономической сѣткой, даже для специалистовъ представляетъ прекрасное средство для разрѣшенія множества задачъ, основанныхъ на рѣшеніи сферическихъ треугольниковъ. Такимъ образомъ, изобрѣтеніе Эбле имѣетъ неоспоримое значеніе въ чисто научной области: для морской астрономіи, для кристаллографическихъ изслѣдованій, для контрольных вычисленій вообще и т. д.

Было бы, несомнѣнно, въ высшей степени желательнымъ при опредѣленіи времени соединить наблюденія и вычисленія въ одну операцію. Эбле достигъ и этого, построивъ инструментъ, который представляетъ остроумное соединеніе двухъ описанныхъ аппаратовъ, и который онъ назвалъ гороскопомъ; помощью этого инструмента, направивъ диоптры на солнце, можно непосредственно получать соответственный часовой уголъ этого свѣтила, но, конечно, точность результатовъ при этомъ уменьшилась. Замѣтимъ, что Ламбергъ, одинъ изъ выдающихся астрономовъ, еще въ XVIII-мъ столѣтіи шелъ по тому же пути, на которомъ Эбле, независимо отъ него, достигъ такихъ прекрасныхъ результатовъ; но его изобрѣтеніе значительно уступаетъ въ совершенствѣ изобрѣтенію Эбле.

§ 14. **Опредѣленіе времени по соответствующимъ высотамъ.** Если при опредѣленіи времени требуется большая точность, чѣмъ та, которую въ состояніи дать всѣ вышеописанные приборы, и если при этомъ желаютъ ограничиться наблюденіемъ только одной высоты, то остается лишь изъ треугольника  $NZS'$  (рис. 282, стр. 802), по формуламъ сферической тригонометріи вычислить часовой уголъ свѣтила  $ZNS$  въ моментъ наблюденія. Но для того, чтобы опредѣлить высоту съ достаточной точностью, необходимо имѣть хорошии, тщательно сдѣланный инструментъ, и, кромѣ того, точно знать не только высоту полюса мѣста наблюденія  $HN = 90^\circ - ZN$  и полярное разстояніе звѣзды  $NS'$ , но и рефракцію (часть I, § 105), а удовлетворить этимъ требованіямъ далеко не всегда такъ легко, какъ это кажется съ перваго взгляда.

Однako, всѣ эти препятствія и трудности можно обойти; стоитъ только вспомнить, что каждая звѣзда, находясь вправо и лѣво отъ меридіана, будетъ имѣть одну и ту же высоту надъ горизонтомъ, когда разстоянія ея отъ меридіана будутъ одинаковы, т.-е., когда она по обѣ стороны меридіана будетъ имѣть одинъ и тотъ же часовой уголъ. Высота солнца за 3 часа до полудня, т.-е. въ 9 часовъ утра по истинному времени, будетъ та же самая, какъ въ 3 часа вечера по истинному времени, если предположить, что склоненіе солнца за этотъ промежутокъ времени не измѣнилось. Относительно неподвижныхъ звѣздъ это справедливо; склоненія же солнца, луны и планетъ на самомъ дѣлѣ мѣняются, но измѣненіе это, вообще говоря, очень незначительно; притомъ же при вычисленіяхъ его легко принять во вниманіе, на чемъ мы, однако, здѣсь останавливаться не будемъ.

Итакъ, если пронаблюдать солнце два раза въ одинъ и тотъ же день, вблизи перваго вертикала, такъ, чтобы высота его оба раза была одна и та же, т.-е., чтобы въ моменты наблюденія часовые углы солнца были одинаковы, или, другими словами, чтобы первое наблюденіе было сдѣлано за столько же времени до истиннаго полудня, черезъ сколько второе послѣ него, то искомымъ моментъ истиннаго полудня будетъ лежать какъ-разъ посрединѣ между этими двумя моментами.

Очевидно, что въ этомъ случаѣ для опредѣленія времени полудня не нужно знать ни широты мѣста наблюденія, ни склоненія свѣтила, ни даже абсолютной высоты его и соотвѣтствующей рефракціи; нужно только быть увѣреннымъ въ томъ, что обѣ высоты были одинаковы, и что ходъ часовъ совершенно равномеренъ, такъ что при такомъ наблюденіи соотвѣтствующихъ высотъ, какъ обыкновенно называютъ этотъ способъ, нѣтъ надобности ни въ сложныхъ вычисленіяхъ, ни въ хорошемъ инструментѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если даже дѣленія на инструментѣ навесены ошибочно, на наблюденія это нисколько не повліяетъ, такъ какъ и до, и послѣ полудня мы имѣемъ дѣло все съ тѣмъ же штрихомъ, и намъ не важно, на какихъ высотахъ наблюдалось свѣтило, лишь бы высоты эти были одинаковы. Что касается остальныхъ ошибокъ инструмента, то почти все онѣ, безъ исключенія, не могутъ оказать вліянія на искомый результатъ, такъ какъ для данной точки раздѣленнаго круга онѣ имѣютъ постоянное значеніе. Для того же, чтобы уменьшить по возможности вліяніе ошибокъ наблюденія, т.-е. такихъ, причиною которыхъ является несовершенство нашихъ чувствъ, наблюдаютъ по обѣ стороны меридіана не одну, а нѣсколько высотъ солнца, и загѣмъ, получивъ изъ каждой пары соотвѣтствующихъ высотъ моментъ полудня, берутъ среднее арифметическое изъ этихъ моментовъ, которое какъ результатъ всѣхъ наблюденныхъ высотъ, очевидно, ближе будетъ подходить къ истинѣ, чѣмъ результатъ, полученный изъ наблюденія одной только пары.

Чтобы пояснить это на примѣрѣ, положимъ, что въ вышеуказанные моменты были наблюдены такіа соотвѣтствующія высоты солнца.

Наблюденная высота.	Время наблюденія:		
	до полудня.	послѣ полудня.	Моментъ полудня.
43° 15'	9 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 52,0 <sup>s</sup>	2 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 40,2 <sup>s</sup>	12 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 16,1 <sup>s</sup>
43 20	9 20 43,3	2 43 50,1	12 2 16,7
43 25	9 26 54,8	2 37 37,6	12 2 16,2
43 30	9 33 19,3	2 31 13,5	12 2 16,4

Въ наблюденіяхъ, сдѣланныхъ послѣ полудня, слѣдовало бы собственпо вѣсто 2<sup>h</sup> писать 14<sup>h</sup>, чтобы показанія часовъ шли непрерывно. Сумма моментовъ, въ которые наблюдалась первая высота 43° 15', будетъ 24<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> 32,2<sup>s</sup>; половина ея 12<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 16,1<sup>s</sup> дастъ искомый моментъ полудня, соотвѣтствующій первой высотѣ. Моменты полудня, соотвѣтствующіе четырѣмъ сдѣланнымъ наблюденіямъ, помѣщены въ послѣднемъ столбцѣ. Ихъ арифметическое среднее, т.-е. время, выведенное изъ всей совокупности наблюденій, будетъ 12<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 16,35<sup>s</sup>; это показываетъ, что въ день наблюденія въ моментъ истиннаго полудня, часы на 2<sup>m</sup> 16,3<sup>s</sup> опередили истинное солнечное время.

Если же хотятъ получить не истинное солнечное время, какъ это дѣлали прежніе астрономы, а среднее солнечное время, какъ дѣлается теперь, то нужно только прибавить разность между истиннымъ и среднимъ временемъ или такъ называемое уравненіе времени (часть I, § 96), которое дается въ астрономическихъ эфемеридахъ для полудня каждаго дня. Положимъ, что въ день наблюденія уравненіе времени было  $-8^m 32,7^s$ ; это значитъ, что вѣрно идущіе средніе часы въ моментъ истиннаго полудня должны были въ этотъ день показывать 12<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> 32,7<sup>s</sup>. Наши же часы въ этотъ моментъ показывали только 12<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 16,3<sup>s</sup>, слѣдовательно, они на 6<sup>m</sup> 16,4<sup>s</sup> отставали отъ средняго времени.

Пусть, наконецъ, звѣздное время въ истинный полдень этого дня (часть I, § 97), которое также можно найти въ эфемеридахъ, равно 5<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 25,6<sup>s</sup>; такъ какъ наши часы въ этотъ моментъ показывали 12<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 16,3<sup>s</sup>, то, значитъ, они были на 6<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> 50,7<sup>s</sup> впереди сравнительно съ звѣзднымъ временемъ и т. д.

На парижской обсерваторіи способъ соотвѣтствующихъ высотъ примѣняли уже въ 1666 году, какъ это видно изъ мемуаровъ французской академіи по поводу загѣмня, слу-



чиняются 22 июля этого года, причем Гюйгенсъ, Роберваль и Озу определяли время по этому способу. Въ XVIII-мъ столѣтїи наблюденїя соответствующихъ высотъ принимались, кромѣ того, и съ цѣлью опредѣленїя прямого восхожденїя звѣздъ. Дѣйствительно, какъ, зная прямое восхожденїе наблюдаемой звѣзды, можно найти изъ этихъ наблюденїй поправку часовъ, такъ и обратно, опредѣливъ заранее поправку часовъ, можно получить прямое восхожденїе. Въ самомъ дѣлѣ, какъ извѣстно, прямое восхожденїе звѣзды равно звѣздному времени въ моментъ ея кульминаціи; поэтому получивъ изъ наблюденїй соответствующихъ высотъ среднее время кульминаціи, и придавъ къ нему извѣстную уже поправку для приведенїя къ звѣздному времени, сейчасъ же получаемъ звѣздное время въ моментъ кульминаціи, или, что то же, прямое восхожденїе звѣзды. Этотъ способъ Лакэйль, одинъ изъ лучшихъ и старательнѣйшихъ астрономовъ XVIII-го столѣтїя, еще въ 1755 году употреблялъ для опредѣленїя многочисленныхъ прямыхъ восхожденїй неподвижныхъ звѣздъ и планетъ.

§ 15. **Крондейкъ.** Важнѣйшее неудобство метода соответствующихъ высотъ заключается въ томъ, что онъ занимаетъ очень много времени и подверженъ многимъ случайностямъ, которыхъ наблюдатель предотвратить не можетъ. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ больше мы возьмемъ высоту до и послѣ полудня, тѣмъ больше потратимъ времени, которое можетъ пронастъ совершенно непроизводительно, если послѣ полудня свѣтло ко времени наблюденїя закроется облаками. Ниже мы увидимъ (§ 26), что при помощи пассажнаго инструмента современные астрономы имѣютъ возможность опредѣлять время не только очень быстро и удобно, но и чрезвычайно точно, и потому на обсерваторїяхъ соответственными высотами для этой цѣли теперь не пользуются; для специалистовъ же этотъ способъ, несмотря на вышеуказанные недостатки и до сихъ поръ является простѣйшимъ средствомъ точно опредѣлить поправку своихъ часовъ.

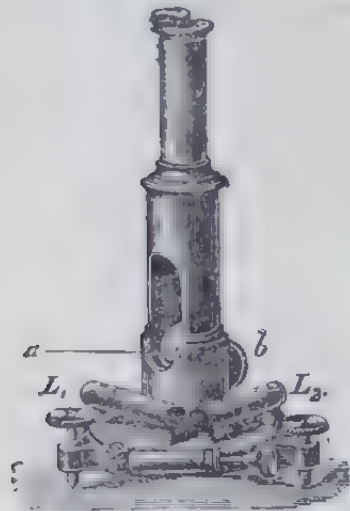


Рис. 286.

Это побудило американскаго астронома Чендлера въ 20 году назадъ изобрѣсти инструментъ, названный имъ крондейкомъ, конструкция котораго была значительно измѣнена механиками Гартманомъ и Брауномъ въ Бокенгеймѣ близъ Франкфурта, а затѣмъ механикъ Рессель въ Вѣнѣ осуществилъ еще другїя измѣненїя, предложенныя I. Паллизомъ, и придавъ ему форму, изображенную на рис. 286.

Въ этой послѣдней формѣ крондейкъ состоитъ изъ круглой горизонтальной пластинки, на которой лежитъ второй кружокъ, вращающїйся вокругъ оси, проходящей черезъ его центръ. Надъ кружкомъ находится трубка съ довольно большимъ боковымъ отверстїемъ; въ верхнюю часть ея вставлена небольшая вертикальная зрительная труба, направленная внизъ. Въ трубкѣ подъ объективомъ зрительной трубы находится маленькое зеркало *a*, которое посредствомъ винта *b* можно вращать вокругъ горизонтальной оси. На подвижномъ кружкѣ помѣщаются 2 уровня  $L_1$  и  $L_2$ , помощью которыхъ посредствомъ 3-хъ винтовъ можно придать кружку горизонтальное положенїе, между тѣмъ какъ ось вращенїя его станетъ вертикальной. Въ фокусѣ зрительной трубы находится съѣлка, состоящая изъ нѣсколькихъ (обыкновенно изъ 3-хъ) горизонтальныхъ и плавъ одной вертикальной нити.

Вращая зеркало и подвижной кружокъ, можно достигнуть того, что солнечные лучи, попадающїе черезъ отверстие трубки въ зеркало, отразившись отъ него, попадутъ въ зрительную трубу, въ которой, такимъ образомъ, появится изображенїе солнца. До полудня,

когда солнце поднимается, замечают моменты, когда верхний и нижний край солнца касаются горизонтальных нитей, причем медленно поворачивают всю трубку вправо, чтобы солнце вступало на горизонтальные нити всегда в томъ мѣстѣ, гдѣ онѣ пересѣкаются съ вертикальной. После полудня такимъ же точно образомъ наблюдаютъ опускающееся солнце, непрежнему поворачивая трубку, чтобы можно было слѣдить за его движениемъ. При этомъ нужно строго наблюдать, чтобы винтъ, связанный съ зеркаломъ, сохранялъ одно и то же положеніе все время, пока не будутъ окончены всѣ наблюденія; иначе висоты, имѣяныя до и послѣ полудня, не будутъ равны между собою.

Положимъ, что при помощи кронштейна было произведено опредѣленіе времени, причемъ вступленіе краевъ солнца на нити оцѣнивалось съ точностью только до полусекунды. Необходимыя при этомъ записи, вмѣстѣ съ относящимися сюда простыми вычислениями, для облегченія которыхъ вечернія наблюденія слѣдуетъ записывать въ обратномъ порядкѣ, вужно вести слѣдующимъ образомъ:

Края солнца:	Нити.	Время наблюденія:		
		до полудня.	послѣ полудня.	Моментъ полудня.
верхній . . .	1	9 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 9,5 <sup>s</sup>	2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 31,5 <sup>s</sup>	12 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 50,5 <sup>s</sup>
	2	9 17,0	52 24,0	50,5
	3	10 29,0	51 13,5	51,3
нижній . . .	1	11 48,5	49 52,0	50,3
	2	12 56,0	48 45,5	50,8
	3	9 14 7,0	2 47 33,5	50,3

Въ среднемъ: 12<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> 50,6<sup>s</sup>

Слѣдовательно, въ полдень этого дня часы были на 0<sup>m</sup> 50,6<sup>s</sup> впередъ истиннаго солнечнаго времени.

§ 16. О солнечныхъ часахъ вообще. Обстоятельно изложивъ важный вопросъ объ опредѣленіи времени, мы, по логической связи, перейдемъ теперь къ описанію инструментовъ, съ помощью которыхъ можно раздѣлять сутки на маленькіе промежутки времени и сдѣлать эти промежутки видимыми, хотя, какъ было уже упомянуто, впоследствии мы еще разъ возвратимся къ вопросу объ опредѣленіи времени. Инструменты эти называютъ обыкновенно часами; простѣйшіе и древнѣйшіе изъ нихъ, солнечные часы, которые и теперь еще являются самымъ популярнымъ и распространеннымъ приборомъ для опредѣленія времени, были уже за 530 лѣтъ до Р. Хр. изобрѣтены Анаксименомъ Милетскимъ.

Въ теченіе звѣздныхъ сутокъ (часть I, § 93) земля наша совершаетъ полный оборотъ вокругъ своей оси по направленію съ запада на востокъ, причемъ скорость вращенія, какъ мы видѣли, остается неизмѣнной. Но мы уже указывали раньше, что происходившія отъ этого явленія могутъ быть вполне объяснены, если предположить, что земля остается въ покоѣ, а все небо движется вокругъ нея въ обратномъ направленіи съ востока на западъ. Будемъ считать справедливымъ послѣднее объясненіе какъ наиболее простое и очевидное, тогда всѣ неподвижныя звѣзды, а также и солнце, если предположимъ, что положеніе его на небесномъ сводѣ не мѣняется, въ теченіе звѣздныхъ сутокъ должны описывать вокругъ неподвижной земной оси полный окружности. Вообразимъ себѣ теперь, что за землею, въ сторонѣ, противоположной солнцу, находится какая угодно плоская или кривая поверхность, которая все время должна оставаться неподвижной и неизмѣнной; если предположить, что земная ось есть нѣчто вещественное, то, освѣщенная солнцемъ, она отброситъ на эту поверхность тѣнь, и въ то время, какъ солнце, вмѣстѣ со всѣмъ небеснымъ сводомъ, будетъ совершать свое суточное движеніе вокругъ неподвижной земли, тѣнь также будетъ передвигаться по этой поверхности. Когда въ слѣдующіе дни солнце придетъ въ то же самое положеніе относительно даннаго меридіана, т-е., когда часовыя

уголь солнца относительно этого меридиана приметъ прежнее значеніе, тѣнь земной оси также займетъ прежнее положеніе на поверхности, такъ что если мы одинъ разъ замѣтимъ какое положеніе она имѣла въ 1, 2, 3, ... часа, то въ послѣдующіе дни, обратно, по положенію тѣни можно найти соответствующее время.

Мы предполагали при этомъ, что солнце, подобно неподвижной звѣздѣ, все время занимаетъ на небѣ одно и то же мѣсто, напримѣръ, точку весенняго равноденствія (введеніе, § 11). Положимъ, что въ точкѣ весенняго равноденствія находится не солнце, а какая-нибудь неподвижная звѣзда одинаковой съ нимъ яркости, тогда, наблюдая за размѣщеніемъ тѣни по нашей поверхности, мы будемъ опредѣлять соответствующій часъ звѣздныхъ сутокъ. Но истинное солнце не сохраняетъ неизмѣннаго положенія относительно остальныхъ небесныхъ свѣтилъ; оно ежедневно передвигается среди звѣздъ приблизительно на  $1^\circ$  къ востоку. Однако, дѣло отъ этого мало мѣняется. Тѣнь земной оси, освѣщаемой истиннымъ солнцемъ, попрежнему будетъ проходить свой ежедневный путь по поверхности и попрежнему будетъ принимать то же положеніе, какъ только солнце придетъ въ прежнее положеніе относительно

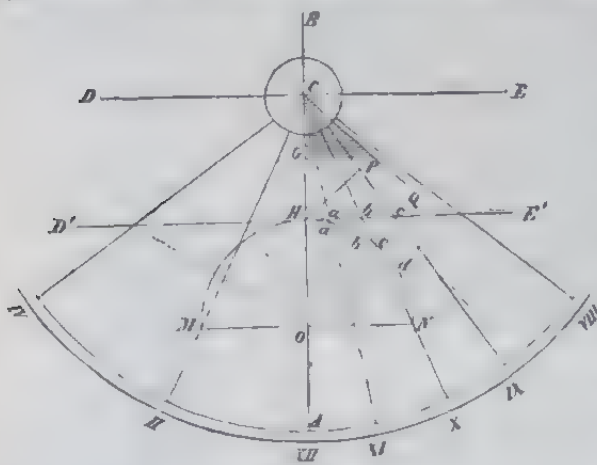


Рис. 287.

меридиана наблюдателя, т.-е. какъ только оно будетъ имѣть тотъ же часовой уголъ. Такимъ образомъ, тѣнь, отбрасываемая земной осью на поверхность, покажетъ не часовой уголъ точки весенняго равноденствія, т.-е. не звѣздное время, а часовой уголъ солнца, или истинное солнечное время.

Это были бы простѣйшіе и вѣрнѣйшіе солнечные часы, и, отмѣтивъ на этой поверхности положенія тѣни земной оси для различныхъ часовъ, минутъ и секундъ истинныхъ сутокъ, мы имѣли бы возможность опредѣлять истинное время

безъ всякихъ инструментовъ, безъ вычисленій, просто посмотрѣвъ, какое положеніе занимаетъ въ этотъ моментъ тѣнь на поверхности. Такъ какъ размѣры земли очень незначительны въ сравненіи съ разстояніемъ ея отъ солнца, то мы не сдѣлаемъ большой ошибки, если примемъ, что солнечные лучи падаютъ на всѣ точки земной поверхности по параллельнымъ направленіямъ, такъ что для нашей шари безразлично, въ какой точкѣ земной поверхности мы помѣстимъ ось часовъ, лишь бы она была вполне параллельна истинной земной оси; поэтому мы можемъ взять простой стержень, поставить его параллельно земной оси, и тѣнь наша будетъ достигнута: на тѣни, отбрасываемой этимъ стержнемъ на помѣщенную за нимъ плоскую или кривую поверхность, можно будетъ опредѣлять истинное время въ каждый данный моментъ.

§ 17. **Горизонтальные часы.** Такимъ образомъ, задача наша сводится къ слѣдующимъ двумъ вопросамъ: 1) какъ установить прямолинейный стержень параллельно земной оси и 2) какъ на находящейся за этимъ стержнемъ поверхности отмѣлить положеніе его тѣни для каждого момента истиннаго времени.

Чтобы не усложнять отвѣты на эти вопросы, предположимъ сначала, что поверхность наша — горизонтальная плоскость, напримѣръ, параллельная горизонту доска стола. Въ этомъ случаѣ очень легко установить на столѣ стержень въ требуемомъ положеніи. Въ самомъ дѣлѣ, земная ось составляетъ съ горизонтомъ каждой точки земной поверхности уголъ, равный высотѣ полюса, или, что то же самое, географической широтѣ этой точки, которую можно опредѣлить, имѣя подъ руками хорошую карту. Пусть  $ABDE$  (рис. 287)

будетъ упомянутая горизонтальная доска. Черезъ любую точку  $C$  этой доски проводить двѣ взаимноперпендикулярныя прямыя  $AB$  и  $DE$  и укрѣпляютъ затѣмъ въ точкѣ  $C$  ихъ пересѣченія прямолинейный стержень такимъ образомъ, чтобы онъ лежалъ въ плоскости, проходящей черезъ прямую  $AB$  и перпендикулярной къ плоскости стола, и составлялъ съ прямою  $AB$  уголъ, равный высотѣ полюса. Тогда стоитъ только установить горизонтальную доску такъ, чтобы линія  $CA$  была направлена прямо на сѣверъ,  $CD$  на востокъ,  $CE$  на западъ и юго-востокъ,  $CB$  на югъ, т.-е., чтобы линія  $ACB$  изображала полуденную линію въ данномъ мѣстѣ (введеніе, § 7),—и стержень приметъ положеніе, параллельное земной оси.

Чтобы придать стержню надлежащій наклонъ, проще всего поступить такъ. изъ картона или изъ листового металла вырѣзывается треугольникъ  $CGP$ , прямоугольный при  $G$ , такъ, чтобы уголъ при  $C$  равнялся высотѣ полюса данного мѣста, и этотъ треугольникъ ставится перпендикулярно къ плоскости доски такъ, чтобы вершина  $C$  совпала съ точкой  $C$  доски, а сторона  $CG$  пошла по линіи  $CA$ . Тогда большая сторона треугольника  $CP$ , противоположная углу  $G$ , приметъ какъ-разъ то направленіе, которое долженъ имѣть стержень, такъ что останется только придать стержню такое же направленіе и въ этомъ положеніи прикрѣпить его къ доскѣ.

Итакъ, первый нашъ вопросъ рѣшенъ. Для опредѣленія же положенія тѣхъ линій, съ которыми должна совпадать тѣнь стержня, когда наступятъ 1, 2, 3,... часа истиннаго времени, проводятъ въ плоскости доски линію  $CQ$  такимъ образомъ, чтобы уголъ, образуемый ею съ прямою  $CA$  равнялся какъ-разъ высотѣ полюса данного мѣста. Затѣмъ берутъ на этой линіи произвольную точку  $P$  и въ этой точкѣ возстановляютъ къ  $CQ$  перпендикуляръ, пересѣкающій прямую  $AC$  въ точкѣ  $H$ . Черезъ точку  $H$  проводятъ прямую  $DE'$ , перпендикулярную къ  $AC$  и, слѣдовательно, параллельную  $DE$ .

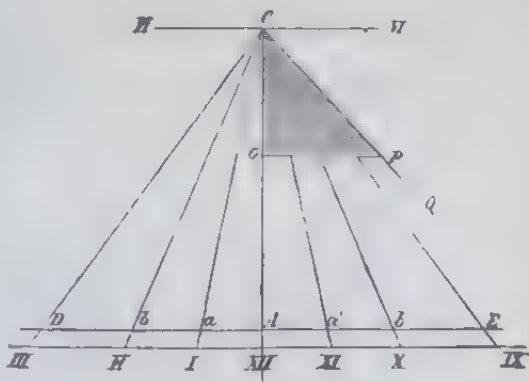


Рис. 288.

Далѣе, на прямой  $AC$  отъ точки  $H$  откладываютъ отрѣзокъ  $HO$ , равный длинѣ перпендикуляра  $HP$ , и изъ полученной такимъ образомъ точки  $O$ , какъ изъ центра, радиусомъ  $OH$  описываютъ полуокружность  $MHN$ . Обѣ половины этой полуокружности вправо и влево отъ точки  $H$  дѣлятъ на 6 равныхъ частей, черезъ точки дѣленія  $a, b, c, \dots$  проводятъ радиусы  $Oa, Ob, Oc, \dots$  и продолжаютъ ихъ до пересѣченія съ прямою  $DE'$  въ точкахъ  $a, b, c', \dots$ . Если теперь полученные точки  $a', b', c, \dots$  соединить съ точкой  $C$  прямыми  $Ca'XI, Cb'X, Cc'IX, \dots$ , то эти прямыя и будутъ тѣми, съ которыми должна совпадать тѣнь стержня, прикрѣпленнаго вышеописаннымъ образомъ къ доскѣ, въ 11, 10, 9, . . . часовъ утра истиннаго времени. Совершенно также по другую сторону  $AC$  получимъ линіи, соответствующія 1, 2, 3,... часамъ дня, а если полуокружность  $MHN$  раздѣлить не на 12, а на 24 или 48 равныхъ частей, то между линіями, соответствующими цѣлымъ часамъ, можно будетъ провести линіи для получасовъ и четвертей. Если же доска довольно велика, то можно съ достаточной точностью нанести на нее еще болѣе мелкія дѣленія. Если при помощи уровня установить доску вполнѣ горизонтально, а линію  $AC$  совмѣстить съ полуденной линіей, такъ, чтобы точка  $C$  лежала къ югу, то какъ только солнце освѣтитъ стержень  $CP$  или  $CQ$ , тѣнь стержня на доскѣ дастъ намъ истинное время. Такие солнечныя часы называются горизонтальными часами.

Хотя по сдѣланному описанію каждый легко можетъ построить горизонтальныя часы, но для этого есть еще болѣе простой способъ; какъ и первый, онъ основанъ на рѣшеніи двухъ плоскихъ треугольниковъ. Но такъ какъ, согласно назначенію нашей книги, мы не можемъ предполагать, что рѣшеніе это извѣстно нашимъ читателямъ, то мы приводимъ здѣсь заранѣе составленную таблицу, которая дѣлаетъ всякія вычисленія излишними.

Пусть попрежнему  $CDE$  (рис. 288) будетъ вышеупомянутая горизонтальная доска, на которой мы черезъ произвольно выбранную точку  $C$  проводимъ прямую  $CA$ , а перпендикулярно къ ней черезъ точку  $A$  прямую  $DAE$ . По линіи  $CA$  перпендикулярно къ доскѣ устанавливаемъ треугольникъ  $GCP$ , въ которомъ уголъ при  $C$  равенъ высотѣ полюса и затѣмъ въ точкѣ  $C$  укрѣпляемъ стержень  $CQ$ , направленіе котораго совпадаетъ съ направлениемъ стороны  $CP$ . Наконецъ, дѣлимъ прямую  $CA$  на 1000 равныхъ частей и на линіи  $DAE$ , по обѣ стороны точки  $A$ , откладываемъ столько такихъ частей, сколько указано въ прилагаемой таблицѣ для каждаго часового угла. Такимъ образомъ, получаемъ точки  $a, b, c, \dots, a', b', c', \dots$  и, соединивъ ихъ съ точкой  $C$ , находимъ искомыя линіи  $Ca, Ca', Cb, Cb', \dots$  горизонтальныхъ часовъ.

Только-что упомянутую таблицу мы, для краткости, составили только для средней Европы:

Пстинное время	Географическая широта						
	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°
0 <sup>а</sup> 0 <sup>м</sup> . . .	0	0	0	0	0	0	0
0 30 . . .	96	98	99	101	102	104	105
1 0 . . .	196	199	202	205	208	211	214
1 30 . . .	303	308	313	317	322	326	331
2 0 . . .	422	429	436	442	449	455	461
2 30 . . .	531	570	579	588	596	605	613
3 0 . . .	731	743	755	766	777	788	799
3 30 . . .	953	968	984	998	1013	1027	1041
4 0 . . .	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383
4 30 . . .	1766	1794	1822	1849	1876	1902	1928
5 0 . . .	2729	2773	2817	2859	2900	2941	2981
5 30 . . .	5555	5645	5733	5819	5903	5985	6066

Положимъ, что нужно устроить такія часы, напримѣръ, для Веймара; географическая широта этого города очень близко подходитъ къ 51°, поэтому, раздѣливъ линію  $AC$  на 1000 равныхъ частей и отложивъ по 208 такихъ частей отъ  $A$  до  $a$  и  $a'$ , получимъ линіи для перваго часа до и послѣ полудня. Взявъ затѣмъ отрезки  $Ab = Ab' = 449$  такихъ частей, получимъ линіи для 10 час. утра и 2 час. дня; точно также получимъ линіи и для всѣхъ остальныхъ часовъ и подраздѣлений ихъ. Для 6 час. утра или вечера разстояніе точки пересѣченія соответственной линіи съ линіей  $DAE$  отъ точки  $A$  будетъ безконечно велико, т. е. линія тѣни совпадаетъ съ линіей  $VI, VI'$ , проведенной черезъ точку  $C$  параллельно прямой  $DE$ . Если хотятъ нанести на доску линіи для болѣе раннихъ утреннихъ или болѣе позднихъ вечернихъ часовъ, то нужно только продолжить полученныя уже линіи тѣни по другую сторону точки  $C$ . Такъ, напримѣръ, если линія  $CIX$  соответствуетъ 9<sup>а</sup> утра, то продолженіе ея за точкой  $C$  дастъ линію тѣни для 9 час. вечера; точно также, продолживъ линію  $CIII$ , получимъ линію тѣни для 3 час. утра; при этомъ, очевидно, нужно принять во вниманіе наибольшую долготу дня въ данномъ мѣстѣ, которая

была дана выше (часть I, § 35) въ особой таблицѣ, и наносить линіи только для тѣх часовъ, которые не выходятъ за указанныя въ этой таблицѣ границы \*).

§ 18. **Экваторіальные часы.** Еще проще устроить такъ называемые экваторіальные часы, гдѣ плоскость, на которую нужно наносить часовыя линіи, должна быть перпендикулярна къ стержню, а слѣдовательно, параллельна экватору. Изъ точки пересѣченія стержня съ плоскостью, какъ изъ центра, нужно описать въ плоскости кругъ, окружности этого круга раздѣлить на 24 равныя части и точки дѣленія соединить съ центромъ прямыми, а затѣмъ, наблюдая, чтобы стержень все время оставался параллельнымъ оси мира, вращая вокругъ него плоскость до тѣхъ поръ, пока для какого-нибудь цѣлаго часа, напримеръ, для 1 часа истиннаго времени, тѣнь стержня не совпадетъ съ одной изъ полученныхъ прямыхъ. Эту линію обозначаютъ цифрой 1, точки дѣленія, лежація отъ нея къ востоку, обозначаютъ послѣдовательно числами 2, 3, 4, ..., а къ западу — 12, 11, 10, ...:



Рис. 289.

числа эти указываютъ истинное время для тѣхъ моментовъ, въ которые тѣнь совпадаетъ съ соответствующими прямыми. Такъ какъ въ дни равноденствія солнце находится на экваторѣ, и потому въ плоскости экватора не можетъ получиться отчетливой тѣни отъ стержня, то будетъ гораздо целесообразнѣе имѣть кружокъ, который представляетъ экваторъ и на обѣихъ сторонахъ котораго исчерчены линіи тѣни сверху для лѣтнаго, снизу для зимняго полугодія.—взять ободокъ, соответствующій окружности этого круга, такимъ образомъ, получается приборъ, имѣющей сходство съ армиллярной сферой и представляющей тѣ преимущества, что его можно перенести съ мѣста на мѣсто и установить надлежащимъ образомъ въ любой точкѣ земной поверхности.

Необыкновенно точные экваторіальные солнечныя часы были устроены Германомъ

\* В виду того, что авторомъ изложены два способа устройства горизонтальныхъ солнечныхъ часовъ, не считаемъ нужнымъ продолжать приведенную въ текствѣ таблицу для широтъ, превосходящихъ 53°.

и Пфистеромъ въ Бернѣ. Въѣсто тѣни стержня здѣсь наблюдалось маленькое изображеніе солнца, сконцентрированное при помощи чечевицы, благодаря чему можно было опредѣлить время съ точностью до нѣсколькихъ секундъ.

Знаменитый индосланскій астрономъ Гайяеина думаетъ, что неточность древнихъ астрономическихъ наблюдений произошла оттого, что металлические инструменты, съ которыми обыкновенно наблюдали, были слишкомъ малы и подвержены различнымъ измѣненіямъ. Поэтому въ началѣ XVIII-го столѣтія, онъ воздвигъ въ Дели, Бенаресѣ и другихъ мѣстахъ испанскіе астрономическіе инструменты изъ камня и каменныхъ стѣлъ; между прочимъ, строилъ онъ и экваторіальные часы, которымъ далъ названіе «князей иль солнечныхъ часами», желая тѣмъ указать на ихъ многочисленныя преимущества: эти величественныя сооруженія по размѣрамъ подходили къ гигантскимъ квадрантамъ и гномонамъ древнихъ. На рис. 289 изображены такіе солнечныя часы, построенныя въ Дели; нетрудно видѣть, что они устроены по тому же плану. Наклонная плоскость центральной стѣлы замѣняетъ стержень, параллельный оси міра, длина ея около 36 метровъ, верхній конецъ возвышается на 18 метровъ надъ поверхностью земли. По обѣ стороны стѣлы находятся выложенныя мраморомъ дуги, по четверти окружности каждая; радиусъ ихъ болѣе 6 метровъ. На мраморѣ нанесены дѣленія, позволяющія опредѣлять положеніе тѣни (на рисункѣ тѣни видна стѣла) съ точностью до минуты времени. Эти каменные инструменты частью сохранились и до сихъ поръ, такъ что ими еще пользуются современные брамины.

§ 19. **Солнечныя часы на любой поверхности.** Повидимому, пользуясь вышеприведенными правилами, каждый можетъ очень легко построить солнечныя часы; однако, конструкція такихъ часовъ чрезвычайно усложняется, если ихъ приходится устраивать на какой-нибудь плоскости, наклонной къ горизонту и къ меридиану, напримѣръ, на плоскости вертикальной стѣны или наклонной крыши, и трудности еще увеличиваются, если вмѣсто плоскости взять какую-нибудь кривую поверхность, напр., стѣну круглой башни или круглой куполъ здания. Въ эти часы будутъ сходны между собой только въ томъ отношеніи, что шестъ, тѣнь котораго указываетъ время, всегда долженъ быть параллельнъ оси міра, такъ какъ это условіе, какъ мы видѣли выше, лежитъ въ основаніи всякаго опредѣленія времени по этому способу. Но для каждаго такихъ часовъ будетъ существовать свой способъ проведенія часовыхъ линій, зависящій отъ положенія и кривизны той поверхности, на которой ихъ приходится чертить.

Мы однако, не будемъ здѣсь приводить тѣхъ, зачастую весьма сложныхъ, правилъ, которыя нужно соблюдать при сооруженіи такихъ часовъ, а лучше постараемся найти способъ перенести или, такъ сказать, проэктировать на любую плоскую или кривую поверхность горизонтальные часы, которые мы, на основаніи предыдущаго, можемъ считать уже построенными и притомъ весьма тщательно.

Для этого ставимъ уже готовые и, для большей точности, выполненные въ значительныхъ размѣрахъ горизонтальные часы на крѣпкой столѣ, находящейся непосредственно передъ тою поверхностью, на которой хотятъ нарисовать новые часы. Доску горизонтальныхъ часовъ устанавливаемъ на этомъ столѣ, при помощи уровня, горизонтально, а линію  $CA$  (рис. 287 и 288) совмѣщаемъ съ поперечной линіей такъ, чтобы точка  $C$  была обращена къ югу, а точка  $A$  къ сѣверу. Если нѣтъ точныхъ карманныхъ или стѣнныхъ часовъ, на показанія которыхъ можно было бы положиться, то достигъ этого проща всего можно слѣдующимъ образомъ: при помощи гномона опредѣляютъ приблизительно положеніе поперечной линіи на столѣ и затѣмъ передвигаютъ солнечныя часы до тѣхъ поръ, пока линія  $CA$  не совпадаетъ съ этой линіей.

Когда всѣ эти условія выполнены и, слѣдовательно, горизонтальные часы точно ориентированы на столѣ, то при помощи туго натянутой нити продолжаютъ стержень  $CS$  горизонтальныхъ часовъ до тѣхъ поръ, пока не опредѣлится точка  $R$  пересѣченія стержня

съ той стѣною, на которой нужно нарисовать новые солнечные часы, и въ этой точкѣ вбиваютъ въ стѣну другой стержень, напримѣръ, желѣзный пруть, такъ, чтобы направленье его было вполнѣ параллельно натянутой нити. Стержень будетъ тогда параллельнъ оси міра и можетъ служить стержнемъ новыхъ часовъ.

Совершенно такимъ же образомъ продолжаютъ и часовыя линіи горизонтальныхъ часовъ до пересѣченія со стѣною и, соединивъ полученныя точки съ основаніемъ стержня новыхъ часовъ, получаютъ линіи, соответствующія различнымъ часамъ дня.

Впрочемъ, часовыя линіи можно получить и иначе. Укрѣпивъ въ стѣнѣ стержень новыхъ часовъ, въ одинъ изъ ближайшихъ ясныхъ дней отымають на стѣнѣ стѣны стержня въ тѣ моменты, когда горизонтальные часы показываютъ 1, 2, 3, . . . часа. Этотъ способъ можно примѣнять и въ томъ случаѣ, когда нужно нарисовать солнечные часы на кривой поверхности; тогда часовыя линіи будутъ уже не прямыми, а кривыми.

§ 20. **Опредѣленіе поправки и хода часовъ.** Всякая последовательность событій можетъ служить для измѣренія времени, и чѣмъ правильнѣе событія будутъ слѣдовать одно за другимъ, тѣмъ болѣе они будутъ пригодны для этой цѣли. Поэтому время можно измѣрять при помощи всякаго движущагося тѣла, при помощи каждой машины, водяныхъ и песочныхъ часовъ или, наконецъ, при помощи ишихъ настоящихъ, механическихъ часовъ. При этомъ необходимо, чтобы ходъ измѣрительнаго аппарата былъ равномернъ, потому что только тогда, зная путь, пройденный движущимся предметомъ, можно сдѣлать непосредственное заключеніе о протекшемъ промежуткѣ времени. Чтобы имѣть возможность проверить равномерность хода такой машины, необходимо въ самой природѣ найти строго-равномерное движеніе, и такое движеніе мы имѣемъ во вращеніи земли вокругъ оси, или въ видимомъ суточномъ движеніи небесныхъ свѣтилъ (часть III, § 27). Поэтому такъ называемое опредѣленіе времени сводится, въ сущности къ тому, чтобы опредѣлить состояніе часовъ, т. е. ошибку ихъ въ моментъ наблюденія, относительно истиннаго солнечнаго, средняго или звѣзднаго времени, какъ это показано въ примѣрахъ въ §§ 14 и 15.

Однако, опредѣленіемъ состоянія часовъ нельзя ограничиться; не менѣе важно знать и ходъ часовъ. Согласно вышесказанному, состояніе часовъ опредѣляется той величиною, на которую они въ данный моментъ уклоняются отъ того, что должны были бы показывать на самомъ дѣлѣ, ходъ же есть измѣненіе состоянія часовъ за извѣстный промежутокъ времени, и, смотря по продолжительности этого промежутка, различаютъ ходъ суточный, часовой и т. д. Но состоянію часовъ мы узнаемъ, показываютъ ли они больше или меньше, чѣмъ слѣдуетъ; ходъ же ихъ даетъ намъ возможность сказать, отстаютъ ли часы (запаздываютъ, ходъ положительный), или идутъ впередъ (спѣшатъ, ходъ отрицательный). Если часы показываютъ больше, чѣмъ слѣдуетъ, то говорить, что поправка ихъ отрицательна, потому что въ этомъ случаѣ отъ показанія ихъ нужно отнять нѣкую величину, чтобы получить точное время, и, обратно, поправку называютъ положительной, если часы показываютъ меньше, чѣмъ слѣдуетъ. Такъ, напримѣръ, если про часы говорить, что въ 6 час. 18 мин. ихъ поправка была — 5 мин. 56 сек., это значить, что въ тотъ моментъ, когда на часахъ было 6 час. 18 мин., они показывали на 5 мин. 56 сек. меньше, чѣмъ слѣдуетъ, или, другими словами, что въ этотъ моментъ они должны были показывать 6 час. 23 мин. 56 сек.

Ходъ часовъ опредѣляется изъ простой пропорціи между двумя поправками и тѣми временами, для которыхъ были найдены эти поправки. Поэтому журналы астрономическихъ часовъ имѣютъ обыкновенно такой видъ.



Ч и с л о	Показаніе часовъ	Поправка	Суточный ходъ
января 23 . . . .	6 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	+5 <sup>m</sup> 55,82 <sup>s</sup>	+1,16 <sup>s</sup>
» 26 . . . .	10 15	+5 59,50	+1,11
» 27 . . . .	10 49	+6 0,64	+0,73
» 28 . . . .	9 42	+6 1,34	+0,84
» 30 . . . .	15 17	+6 3,21	+0,97
февраля 2 . . . .	17 35	+6 6,21	

По этому образцу долженъ вести журналъ всякій заботливый владѣлецъ точныхъ часовъ.

Первые два столбца даютъ время, которое показывали часы въ тѣ моменты, для которыхъ найдены поправки, помѣщенные въ третьемъ столбцѣ. Четвертый столбецъ получимъ, если рѣшимъ пропорціи между величинами, данными въ первыхъ двухъ и въ третьемъ столбцахъ, напримеръ:

$$\begin{array}{l} 23 \text{ янв., когда часы показывали } 6^h 18^m, \text{ поправка ихъ была } - 5^m 55,82^s \\ 26 \text{ » } \text{ » } \text{ » } \text{ » } \text{ » } 10 \text{ } 15, \text{ » } \text{ » } \text{ » } + 5 \text{ } 59,50 \end{array}$$

Такимъ образомъ, положительная поправка часовъ за 3 дня 3 часа 57 минутъ возросла на 3,68<sup>s</sup>, или ежедневно она возростала на 1,16<sup>s</sup>, т.-е. часы ежедневно запаздывали на 1,16<sup>s</sup>; это число и помѣщено въ четвертомъ столбцѣ.

Для тѣхъ читателей, которые не желаютъ производить этихъ несложныхъ вычислений, мы замѣтимъ, что послѣднія значительно сокращаются, если опредѣлять поправку часовъ постоянно въ одно и то же время сутокъ. Въ Вѣнѣ, напримеръ, для этой цѣли пользуются сигналомъ, даваемымъ въ полдень съ обсерватори. \* Въ Петербургѣ для той же цѣли служитъ пушечный выстрѣлъ, производимый съ крѣposti въ полдень. \* Положимъ, что такимъ образомъ найдено:

День.	Поправка.	Суточный ходъ.
мая 7 въ полдень	+ 2 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	— 1 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>
» 8 »	+ 1 15	— 1 30
» 11 »	— 3 15	— 1 25
» 13 »	— 6 5	

Отвѣта непосредственно опредѣляются суточные ходы этихъ часовъ: отъ 7 до 8 мая поправка ихъ измѣнилась на 1<sup>m</sup> 20<sup>s</sup>, при этомъ положительная поправка уменьшилась, т.-е. часы ушли впередъ на 1<sup>m</sup> 20<sup>s</sup>; отъ 8 до 11 мая поправка измѣнилась на 4<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, потому что 8 мая часы отставали на 1<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>, а 11 мая они были впередъ на 3<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>, такъ что поправка изъ положительной стала отрицательной; такимъ образомъ, за 3 дня часы ушли впередъ на 4<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, а за 1 день на 1<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> и т. д.

Изъ вышесказаннаго видно, что, зная поправку и ходъ часовъ, можно узнать вѣрное время въ любой моментъ. Положимъ, что въ предыдущемъ примѣрѣ мы хотимъ это сдѣлать для 9 мая, для того момента, когда часы показывали 6<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>. Такъ какъ ближайшее предыдущее сравненіе (8 мая, въ полдень) было сдѣлано приблизительно за  $1 \frac{1}{4}$  сутокъ до данного момента, а часы между 8 и 11 мая ежедневно уходили впередъ на 1<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, то отъ поправки, соответствующей полудню 8 мая (+ 1<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>), нужно отнять 1<sup>m</sup> 52<sup>s</sup>.5, чтобы получить поправку въ данный моментъ. Следовательно, искомая поправка будетъ — 37,5<sup>s</sup>, т.-е. 9 мая, въ 6<sup>h</sup> вечера, часы показывали на 37,5<sup>s</sup> больше, чѣмъ слѣдуетъ. Значитъ, въ тотъ моментъ, когда часы показывали 6<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>, на самомъ дѣлѣ было 6<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 37,5<sup>s</sup>.

По этой способъ можно примѣнять только въ томъ случаѣ, если ходъ часовъ при-

близительно равномерны. Поэтому для астронома годятся только те часы, ход которых остается постоянным; зато это единственное условие, которому они должны удовлетворять; поправка при этом может быть какая угодно, величина хода тоже может быть очень значительна. Например, первые часы, о которых говорится на стр. 818, слѣдуетъ признать очень хорошими, потому что ход их не только все время остается положительнымъ, но и сохраняетъ свою величину въ предѣлахъ одной секунды, тогда какъ вторыми часами съ успѣхомъ можно пользоваться только какъ карманными.

Чтобы составить основательное сужденіе о часахъ, нужно долго и часто сравнивать ихъ съ небомъ или съ другими, уже хорошо выбранными, такъ называемыми нормальными часами. Только тотъ, кто не понимаетъ сути дѣла, можетъ заключить, что часы хороши, получивъ первую хорошую поправку, или признать ихъ неподными, если поправка ихъ или суточный ходъ имѣютъ значительную величину. Было бы, конечно, непрости- тельнымъ промахомъ, если бы мы, имѣя часы, идущіе по звѣздному времени, и видя, что они ежедневно упреждаютъ среднее время на  $3^m 56,6^s$ , т.-е. что суточный ходъ ихъ относительно этого времени равенъ  $3^m 55,6^s$ , заключили, что часы эти никуда не годятся. Если ходъ часовъ равномеренъ, то они въ совершенствѣ могутъ выполнять свое назначеніе, такъ какъ тогда, произведя весьма несложныя вычисленія, можно найти вѣрное время для любого момента, и, слѣдовательно, часы хороши: а величина хода ихъ не имѣетъ здѣсь никакого значенія. Но, конечно, будетъ неудобно, если ходъ часовъ относительно того времени, съ которымъ ихъ хотѣть сравнивать, будетъ очень великъ, и потому стараются при помощи особахъ приспособленій, о которыхъ мы уже упоминали (часть I, § 97) и которыя подробно опишемъ въ слѣдующемъ параграфѣ, урегулировать часы, т.-е. по возможности уменьшить ихъ ходъ. Но если даже суточный ходъ ихъ будетъ такъ малъ, что, напримеръ, въ сутки они будутъ уходить впередъ на  $1^s$ , то все же за 2 мѣсяца это составитъ цѣлую минуту, а за годъ  $6^m$ . Однако, изъ-за этого вовсе не слѣдуетъ часто переставлять стрѣлку, какъ многие дѣлаютъ съ своими карманными часами, когда слышатъ полуденный выстрѣлъ пушки.

Такая неслѣдственная перестановка стрѣлки только возмущаетъ правильность хода этого чувствительнаго механизма, и астрономъ долженъ тщательно оберегать свои часы отъ подобныхъ вѣшнихъ возмущеній. Поэтому, къ удивленію большой публики, на лучшихъ обсерваторіяхъ часы часто на нѣсколько минутъ уклоняются отъ вѣрнаго времени, между тѣмъ какъ, по видимому, слѣдовало бы ожидать, что часы эти всецѣло строго согласуются съ небомъ. Астрономъ вполне удовлетворяется тѣмъ, что часы идутъ равномерно, т.-е. что они ежедневно отстаютъ или уходятъ впередъ на одну и ту же величину. Онъ ежедневно тщательно определяетъ ходъ своихъ часовъ и, зная его, въ каждый данный моментъ можетъ точно вычислить ошибку часовъ и принять ее во вниманіе при наблюденіяхъ.

Для удобства и простоты рекомендуется состояніе часовъ, идущихъ по звѣздному времени, определять непосредственно изъ наблюденія надъ звѣздами, хотя, какъ показано въ § 14, для этой цѣли можно воспользоваться и наблюдениемъ надъ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, если пронаблюдать соответствующія высоты какой-нибудь звѣзды, то, сравнивая полученный такимъ образомъ моментъ кульминаціи звѣзды съ известнымъ уже прямымъ восхожденіемъ, непосредственно находимъ поправку часовъ относительно звѣзднаго времени, такъ какъ известно, что прямое восхожденіе звѣзды равно звѣздному времени въ моментъ ея кульминаціи (введеніе, § 23). Положимъ, напримеръ, что для звѣзды, прямое восхожденіе которой равно  $5^h 30^m 24^s$ , изъ наблюденія соответствующихъ высотъ найдено, что время ея кульминаціи равно  $5^h 31^m 10^s$ , отсюда мы немедленно заключаемъ, что въ моментъ этой кульминаціи часы были на  $46^s$  впередъ звѣзднаго времени, или, другими словами, поправка ихъ относительно звѣзднаго времени была  $0^m 46^s$ .

§ 21. **Устройство часов.** Въ каждомъ механическихъ часахъ, какъ извѣстно, слѣдуетъ различать три основныя части: собственно движущую силу, регуляторъ и тормозъ. Двигателемъ служитъ или грузъ, который, разматываясь съ вала зубчатого колеса поддерживающей его шнуръ, приводитъ въ движение весь механизмъ, или спиральная пружина, помещенная внутри цилиндрической, съ вѣшной стороны зубчатой, коробки, называемой барабаномъ, и свернутая такимъ образомъ, что внутреннй конецъ ея прикрѣпляется къ оси барабана, а вѣшнй къ внутренней стѣнкѣ барабана. Когда механизмъ въ дѣйствіи, валъ колеса часовъ съ гирями или ось барабана пружинныхъ часовъ могутъ повернуться только вчетѣ со связаннымъ съ ними зубчатымъ колесомъ и, такимъ образомъ, приводятъ весь механизмъ въ движение. Въ противоположномъ же направленіи, наоборотъ, и валъ, и ось барабана можно вращать отдѣльно; при этомъ шнурокъ, къ которому привѣшенъ грузъ, снова наматывается, а пружина вытягивается, т.-е. часы заводятся.

Если бы двигатель предоставилъ самому себѣ, то часы все ускорили бы свой ходъ, такъ какъ движущая сила въ общемъ случаемъ съ каждымъ моментомъ возрастаетъ. Для того, чтобы придать движению равномерность, являющуюся необходимымъ условиемъ для аппарата, измѣряющаго время, предназначенъ регуляторъ. Регуляторомъ служитъ или маятникъ, или тонкая спиральная пружина; свое назначеніе онъ выполняетъ, заставляя часовую механизмъ въ первомъ случаѣ — постоянно приводить въ движение маятникъ, во второмъ — скручивать и раскручивать спираль. Чтобы предохранить колебанія спирали отъ вѣшнихъ возмущеній, къ ней прикрѣпляется маховое коромысло, или такъ называемый шагунъ. Чѣмъ короче маятникъ или спираль, или, наконецъ, маховое коромысло, тѣмъ быстрее идутъ часы, и обратно. Чтобы производить такое укорачиваніе или удлиненіе, маятники обыкновенныхъ часовъ, какъ извѣстно, оканчиваются гибкой нитью, которую можно наматывать на стержень и сматывать съ него, и, такимъ образомъ, измѣнять длину маятника, спираль же колеблется между двумя штифтиками; сдвигая ихъ, можно заставить колебаться большую или меньшую часть спирали. Въ точныхъ же часахъ чечевицеобразный грузъ на нижнемъ концѣ маятника можетъ передвигаться, а такъ какъ подъ длиной маятника подразумѣвается разстояніе центра его тяжести отъ точки привѣса, то желаемый результатъ достигается передвиганіемъ чечевицы; спирали же въ точныхъ часахъ на концахъ коромысла шагуна снабжены винтиками съ тяжелыми головками, переставляя эти винтики, вывинчивая или глубже ввинчивая ихъ въ коромысло, можно добиться того же результата.

Чтобы устранить влияние температуры, благодаря которому регуляторы будутъ то удлиняться, то укорачиваться, вѣдствие чего ходъ часовъ будетъ непрерывно мѣняться, маятники или шагуны въ точныхъ часахъ компенсируются, т.-е. устраиваются такимъ образомъ, что всякое повышеніе или пониженіе температуры, оказывая извѣстное дѣйствіе на ходъ часовъ, вызываетъ въ то же время равное по величинѣ противодѣйствіе. Въ часахъ съ маятникомъ, стержень которого сдѣланъ изъ стали, измѣненіе температуры на 20° по шкалѣ Цельсія вызываетъ измѣненіе сутокнаго хода на 12 сек., чтобы устранить это возмущеніе, всего проще замѣнить чечевицеобразный грузъ соевымъ, наполненнымъ ртутью (рис. 290). Тогда подъ влияніемъ температуры будетъ измѣняться объемъ ртути, и центръ тяжести маятника будетъ повышаться или понижаться, между тѣмъ какъ самъ соевый, обратно, будетъ опускаться или подниматься вѣдствие измѣненія длины стержня маятника, и достаточно небольшого числа овалковъ, чтобы обрѣзывать, при какомъ количествѣ ртути оба эти влияния будутъ взаимно уничтожаться, т.-е. разстояніе центра тя-

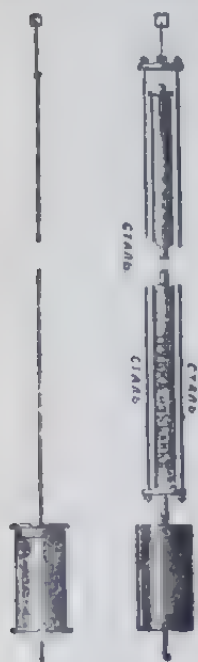


Fig. 290.

жести отъ точки приѣса будетъ оставаться всегда однимъ и тѣмъ же. \* Впрочемъ, компенсаціи въ часахъ съ маятникомъ можно достигнуть также устройствомъ маятника изъ вѣсколькихъ стержней, сдѣланныхъ изъ различныхъ металловъ, какъ это показано на рис. 290 справа. Мы видимъ, что ередній стержень сдѣланъ изъ цинка, а крайніе изъ стали. При этомъ толщину стержней можно подобрать такъ, что при повышевіи температуры центръ тяжести маятника отъ расширенія стальныхъ стержней понизится на столько же, на сколько онъ повысится отъ расширенія цинковаго стержня. \* Въ часахъ же съ шатуномъ, гдѣ измѣненіе температуры на 20° по шкалѣ Цельсія вызываетъ возмущеніе въ суточномъ ходѣ на 6 минутъ, компенсація достигается тѣмъ, что къ обоимъ концамъ маяховаго коромысла въ плоскости колебанія спирали прикрѣпляются дуги, состоящи изъ двухъ спаянныхъ между собою полосокъ стали и латуни. На второй изъ этихъ металловъ температура вліяетъ гораздо сильнѣе, чѣмъ на первый; но такъ какъ полоски спаяны, то пзмѣненіе температуры сказывается въ измѣненіи кривизны дугъ, а именно, если вѣншнюю полоску сдѣлать изъ латуни, а внутреннюю изъ стали, обѣ дуги съ повышевіемъ температуры будутъ сильнѣе искривляться, а съ пониженіемъ выпрямляться. Дуги можно разсматривать какъ части маяховаго коромысла; следовательно, въ первомъ случаѣ масса коромысла будетъ, такъ сказать, стягиваться къ центру, т.-е. коромысло будетъ укорачиваться, во второмъ же случаѣ произойдетъ обратное явленіе. Но такъ какъ въ первомъ случаѣ спираль удлинится, а во второмъ укорачивается, то и здѣсь всякое температурное измѣненіе оказываетъ двойное вліяніе на ходъ часовъ въ направленіяхъ, взаимно противоположныхъ; нетрудно добиться того, чтобы эти два вліянія совершенно уничтожали другъ друга. Для этого въ различныхъ точкахъ дугъ продѣлаются отверстія съ винтовыми нарѣзками, въ которыя можно ввинтить винтики съ тяжелыми головками въ различныхъ разстояніяхъ отъ коромысла и, такимъ образомъ, по желанію усилить или ослабить компенсаціонное дѣйствіе дугъ.

Приспособленіе, при помощи котораго регуляторъ связывается съ движущей силой, является третьей характерной частью механизма, которую очень мѣтко называютъ тормозомъ, потому что при каждомъ размахѣ регулятора тормозъ на мновеніе задерживаетъ за колеса часовъ, благодаря чему часы идутъ равномерно. При этомъ возникаетъ противоѣйствіе, приводящее въ движеніе регуляторъ. Было бы слишкомъ долго описывать здѣсь подробно различные тормозы, которые были изобрѣтены специально для часовъ къ числу которыхъ относится граховевскій тормозъ для часовъ съ маятникомъ и веретенообразный, цилиндрическій, якорный и двойной тормозы для пружинныхъ часовъ; обстоятельное изложеніе этого и другихъ затронутыхъ здѣсь вопросовъ можно найти въ ннвыхъ мѣстахъ, напримѣръ, въ «Исторіи часовъ» Г. Герца (Берлинъ, 1851 г.).

Гири и маятникъ, по самой природѣ своей, пригодны только для часовъ съ постоянной установкой. Въ переносныхъ же часахъ двигателемъ служить всегда пружина, а регуляторомъ шатунъ. Но часы съ гириями и маятникомъ, основанные на сопротивленіи силы тяжести, подвержены гораздо менѣе сильнымъ возмущеніямъ, чѣмъ пружинные часы, гдѣ приходится принимать въ соображеніе дѣйствіе упругости. Поэтому точнѣе переносные часы, которыхъ преимущественно присвоено названіе хронометровъ, сдѣлать несравненно труднѣе, чѣмъ столь же точные часы съ маятникомъ. На постоянныхъ обсерваторіяхъ и теперь пользуются преимущественно часами съ маятникомъ; послѣ того, какъ они были изобрѣтены Гюйгенсомъ и впервые примѣнены къ научнымъ цѣлямъ Фламестидомъ, къ концу XVII столѣтія они оказали уже астрономіи безчисленныя услуги. Однако, важное значеніе хронометровъ для астрономическихъ опредѣленій въ путешествіяхъ и особенно на морѣ вызвало такое соревнованіе въ изотвореніи этихъ инструментовъ (первый годный къ употребленію хронометръ былъ сдѣланъ въ 1765 г. Гаррисономъ, которому англійскій парламентъ выдалъ за это премію въ 20000 фунтовъ стерлинговъ), что теперь

совсѣмъ не рѣдкость встрѣтить хронометры, которые по точности почти равняются астрономическимъ часамъ съ маятникомъ. Чтобы показать, до чего современная механика довела совершенство этого прибора, являющагося величайшимъ ея триумфомъ, приведемъ здѣсь ходъ, обнаруженный въ течение года находящимся на гринвичской обсерваторіи хронометромъ работы Е. І. Дента; при этомъ не принималось никакихъ особенныхъ предосторожностей для предохраненія хронометра отъ измѣнній температуры. Подъ «среднимъ» ходомъ здѣсь слѣдуетъ понимать средней суточный ходъ въ теченіе мѣсяца.

### Хронометръ Дента № 114.

		Средній суточ. ходъ	Наибольшее измѣненіе хода.			Средній суточн. ходъ.	Наибольшее измѣненіе хода.
1828	августъ . .	+3,43 <sup>s</sup>	0,7 <sup>s</sup>	1829	февраль . .	+3,59 <sup>s</sup>	1,1 <sup>s</sup>
	сентябрь . .	+3,85	1,7		мартъ . .	+3,74	1,6
	октябрь . .	+3,73	0,8		апрѣль . .	+3,60	1,1
	ноябрь . .	+3,87	0,9		май . .	+3,58	1,2
	декабрь . .	+3,93	1,2		іюнь . .	+3,77	0,8
1829	январь . .	+3,59	1,4		іюль . .	+3,97	1,6

Мы видимъ отсюда, что въ продолженіе года измѣненіе средняго суточного хода не выходило изъ предѣловъ полусекунды, такъ какъ за все это время часы, въ среднемъ, отставали за сутки не меньше, какъ на 3,43<sup>s</sup> и, не больше, какъ на 3,97<sup>s</sup>.

Замѣчательно, что петливый изобрѣтатель механическихъ часовъ, безъ которыхъ мы теперь ни минуты не можемъ обойтись, въ точности не извѣстенъ.

§ 22. **Испытаніе хронометровъ.** Въ настоящемъ параграфѣ съ цѣлью доставить нашимъ читателямъ возможность получить ясное представленіе о томъ, какія требованія можно предъявлять теперь къ хорошимъ часамъ, мы приведемъ выдержку изъ собранія правилъ, применяемыхъ въ Женевской обсерваторіи при испытаніи хронометровъ, причемъ сопоставимъ здѣсь важнѣйшее изъ того, на что слѣдуетъ обратить вниманіе, чтобы составить сужденіе о достоинствѣ часовъ. При этомъ, согласно цѣлямъ нашей книги, особенное вниманіе мы обратимъ на правила, относящіяся къ карманнымъ хронометрамъ.

Всякій хронометръ, переданный обсерваторіи для испытанія, одинъ изъ астрономовъ ежедневно сравниваетъ съ главными часами, идущими по звѣздному или по среднему времени, и аккуратно записываетъ въ особый журналъ результаты этого сравненія и выведенный отсюда ходъ хронометра.

Карманные хронометры, смотря по полнотѣ и строгости испытанія, которому они подвергаются, раздѣляются на 3 категоріи, или класса. При отправкѣ хронометра, часовой мастеръ долженъ указать, къ какой изъ этихъ категорій хронометръ слѣдуетъ причислить.

Время испытанія раздѣляется на нѣсколько періодовъ, въ теченіе которыхъ мѣняются и положеніе хронометра, и температура того пространства, въ которомъ онъ хранится, его помѣщаяютъ то въ залъ наблюденій, то въ холодномъ пространствѣ, температура котораго, смотря по времени года, мѣняется отъ 0° до +5° по шкалѣ Цельзія, то въ особый герметичный ящикъ съ температурою между +30° и +35° С.

Для каждаго отдѣльнаго періода вычисляють особо средній суточный ходъ и разности между этимъ среднимъ ходомъ и тѣми ходами, которые были наблюдаемы въ каждый отдѣльный день. Эти разности называются отклоненіями хода. Если изъ всѣхъ отклоненій за одинъ какой-нибудь періодъ, не обращая вниманія на знакъ, взять среднее, то величина эта будетъ называться суточнымъ колебаніемъ, а взятое такимъ же образомъ среднее изъ отклоненій хода за нѣсколько или за весь періодъ называется среднимъ колебаніемъ.

Здѣсь вычисляють средние суточные ходы для каждаго изъ періодовъ, когда хро-

нометръ находился въ залѣ наблюдений, т.-е. въ обыкновенныхъ температурныхъ условіяхъ. Изъ этихъ среднихъ суточныхъ ходовъ берутъ среднее и вычисляютъ разности между этими среднимъ и каждымъ отдельнымъ ходомъ. Взавъ, какъ выше указано, среднее изъ полученныхъ разностей, находятъ среднее колебаніе отъ періода до періода.

Ошибку компенсаціи для  $1^{\circ}$  по шкалѣ Цельзія вычисляютъ довольно сложнымъ способомъ, который, въ концѣ концовъ, сводится къ тому, что для тѣхъ двухъ періодовъ, когда хронометръ находился въ холодномъ пространствѣ и въ согреваемомъ ящикѣ, вычисляютъ средніе суточные ходы и среднія температуры обоихъ пространствъ и разность среднихъ ходовъ дѣлятъ на разность среднихъ температуръ.

Хронометръ возвращается фабриканту безъ всякаго аттестата, если суточный ходъ его въ какой-нибудь изъ періодовъ сравненія окажется больше  $10,0^{\circ}$  или ошибка компенсаціи для температурнаго измѣненія на  $1^{\circ}$  по шкалѣ Цельзія превыситъ  $0,40^{\circ}$ . Остальные же хронометры снабжаются аттестатомъ, выдаваемымъ директоромъ обсерваторіи или его замѣстителемъ. Въ аттестатѣ указывается, какого рода испытаніямъ подвергся хронометръ, а также приводится извлеченіе изъ записокъ о его суточномъ ходѣ.

Для карманныхъ хронометровъ первой категоріи время сравненія продолжается 44 дня. Этотъ промежутокъ времени раздѣляется на 8 періодовъ, въ теченіе которыхъ испытаніе хронометровъ производится поочередно въ различныхъ условіяхъ; порядокъ испытанія такой:

Периодъ.	Продолжительность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	5	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	5	» » направо	»
3	5	» » вальво	»
4	6	лежащее, циферблатомъ кверху	холоднаго пространства
5	6	» » »	залы
6	6	» » »	согревающаго ящика
7	6	» » внизу	залы
8	5	висячее, кольцомъ кверху	»

Первый день 4-го, 5-го, 6-го и 7-го періодовъ не принимается во вниманіе при вычисленіи хода, и потому эти дни называются промежуточными.

Чтобы получить аттестатъ I класса, хронометръ долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

- 1) суточное колебаніе не должно превышать  $1,5^{\circ}$ ;
- 2) среднее колебаніе не должно превышать  $0,75^{\circ}$ ;
- 3) разность суточныхъ ходовъ въ любые два изъ періодовъ 1, 2, 3, 5, 7 и 8 не должна превышать  $10,0^{\circ}$ ;
- 4) разность между среднимъ суточнымъ ходомъ хронометра въ висячемъ положеніи для періодовъ 1 и 8 и среднимъ суточнымъ ходомъ его въ лежащемъ положеніи для періода 5 не должна превышать  $6,0^{\circ}$ ;
- 5) разность среднихъ суточныхъ ходовъ въ периоды 5 и 7 (положеніе горизонтальное) должна быть не больше  $6,0^{\circ}$ ;
- 6) разность среднихъ суточныхъ ходовъ перваго и послѣдняго періодовъ (1 и 8) должна быть не больше  $5,0^{\circ}$ ;
- 7) среднее колебаніе отъ періода до періода не должно превышать  $2,5^{\circ}$ ; и
- 8) ошибки компенсаціи должны быть не больше  $0,20^{\circ}$ .

Продолжительность сравненія для хронометровъ II класса равна 29 днямъ; порядокъ испытанія слѣдующій:

Периодъ.	Продолжитель- ность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	9	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	9	лежащее, циферблатомъ кверху	»
3	2	» » »	холоднаго пространства
4	2	» » »	залы
5	2	» » »	согрѣвающаго ящика
6	3	» » книзу	залы
7	2	висячее, кольцомъ кверху	»

Первые дни періодовъ 3, 4, 5 и 6 являются днями промежуточными.

Для полученія аттестата II класса необходимо, чтобы

- 1) суточное колебаніе для обоихъ первыхъ періодовъ (1 и 2) не превышало  $1,75^{\circ}$ ;
- 2) полученное изъ разсмотрѣнія первыхъ двухъ періодовъ среднее колебаніе не превышало  $1,00^{\circ}$ ;
- 3) разность среднихъ суточныхъ ходовъ тѣхъ же двухъ первыхъ періодовъ была не больше  $7,0^{\circ}$ ;
- 4) разность среднихъ суточныхъ ходовъ второго и шестого періодовъ (положеніе горизонтальное) была не больше  $7,0^{\circ}$ ;
- 5) разность среднихъ суточныхъ ходовъ перваго и послѣдняго (1 и 7) періодовъ не превышала  $6,0^{\circ}$ ; и
- 6) ошибка компенсаціи была не больше  $0,30^{\circ}$ .

Сравненіе карманныхъ хронометровъ III класса продолжается 18 дней и ведется въ такомъ порядкѣ:

Периодъ.	Продолжитель- ность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	6	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	6	лежащее, циферблатомъ кверху	»
3	2	» » »	холоднаго пространства
4	2	» » »	залы
5	2	» » »	согрѣвающаго ящика

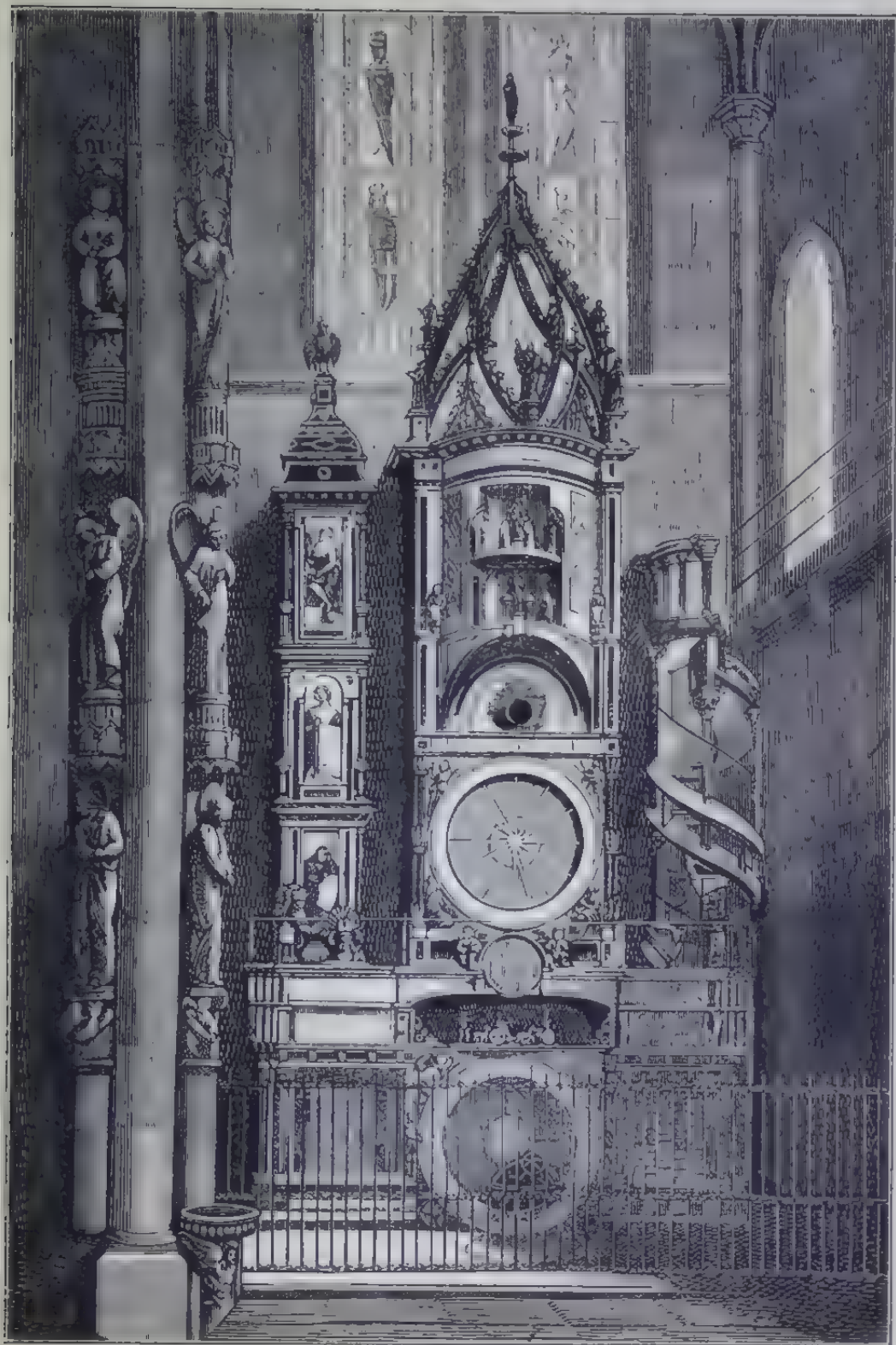
Первые дни періодовъ 3, 4 и 5 должны быть промежуточными днями.

Для аттестата III класса требуется, чтобы

- 1) суточное колебаніе въ каждый изъ первыхъ двухъ періодовъ было не больше  $2,0^{\circ}$ ;
- 2) среднее колебаніе, вычисленное для первыхъ двухъ періодовъ, не превосходило  $1,25^{\circ}$ ;
- 3) разность среднихъ ходовъ для первыхъ двухъ періодовъ была не больше  $8,0^{\circ}$ ; и
- 4) ошибки компенсаціи были не больше  $0,40^{\circ}$ .

Подобныя же правила соблюдаются и при испытаніи морскихъ хронометровъ; но послѣдніе на классы не раздѣляются. Сравненіе охватываетъ промежутокъ времени въ 64 дня, и требованія здѣсь предъявляются гораздо болѣе высокія. Морской хронометръ только въ томъ случаѣ удостоивается аттестата, если суточное колебаніе не превосходить  $1,0^{\circ}$ , среднее  $0,50^{\circ}$ , среднее колебаніе отъ періода до періода  $1,00^{\circ}$ , разность среднихъ суточныхъ ходовъ въ два любые періода  $4,0^{\circ}$ , а ошибки компенсаціи  $0,15^{\circ}$ .

§ 23. **Уровень или ватерпасъ.** Прежде, чѣмъ снова перейти къ описанію инструментовъ, отъ котораго мы уклонились въ сторону, чтобы сказать нѣсколько словъ объ опредѣленіи состоянія и хода часовъ, мы должны описать одинъ вспомогательный приборъ, при помощи котораго можно придать оси вращенія инструмента положеніе, очень близкое къ горизонтальному, и затѣмъ опредѣлить оставшуюся еще наклонность этой оси къ горизонту. Простейшимъ приборомъ, пригоднымъ для этой цѣли, есть уровень, или, какъ его иначе называютъ, ватерпасъ; инструментъ этотъ, по Р. Вольфу, изобрѣтенъ около



Астрономические часы Страсбургского собора.



половины XVII столѣтїа, по всей вѣроятности, механикомъ Шапото и впервые введенъ въ употребленіе въ 1666 г. Тевено. Устройство его такое. Въ пустой металлической трубкѣ  $CD$  (рис. 291) помещается стеклянная трубочка  $AB$ , почти вся наполненная спиртомъ или эфиромъ и отшлифованная такимъ образомъ, что верхняя сторона ея имѣетъ круглую форму. На рисункѣ часть стеклянной трубки видна въ разрѣзѣ, сдѣланномъ въ верхней части металлической трубки. Воздушный пузырекъ  $m$ , занимающій незаполненное пространство въ стеклянной трубкѣ, гораздо легче жидкости, а потому, по самой природѣ своей, всегда занимаетъ самую верхнюю часть трубки или дуги круга  $AB$ . Положимъ, что металлическая трубка снабжена или внизу, въ точкахъ  $C$  и  $D$ , подставками, такъ что ее можно поставить, напримѣръ, на столъ, или же сверху, при  $C$  и  $D$ , крючками, при помощи которыхъ ее можно подвѣсить къ какой-нибудь оси, напримѣръ, къ оси вращенія пассажнаго инструмента (см. ниже, рис. 292); тогда, съ помощью этого уровня, въ первомъ случаѣ можно установить горизонтально столъ, во второмъ ось. Замѣтимъ еще, что одна изъ подставокъ или одинъ изъ крючковъ устраивается такъ, что ихъ, при помощи особаго винтика, можно нѣсколько удлинить или укоротить, и что въ тщательно сдѣланныхъ уровняхъ верхняя часть стеклянной трубки раздѣляется на нѣсколько равныхъ частей, а точки дѣленія обозначаются цифрами, чтобы такимъ образомъ точнѣе опредѣлить положеніе пузырька.

Если при горизонтальномъ положеніи трубки нижнія части подставокъ или верхнія части крючковъ, служація точками опоры уровня, также лежатъ въ одной горизонтальной плоскости, то говорятъ, что уровень вѣренъ, т.-е. вполне исправенъ; тогда нужно только поставить его на столъ или подвѣсить къ оси и до тѣхъ поръ поднимать или опускать одинъ конецъ стола или оси, пока воздушный пузырекъ уровня  $m$  не займетъ какъ-разъ середину стеклянной трубки. Но обыкновенно и уровень бываетъ неисправенъ, и столъ или ось не вполне горизонтальны. Тогда подвѣшиваютъ уровень  $CD$  (рис. 291) къ оси вращенія инструмента и замѣчаютъ, гдѣ находится середина воздушнаго пузырька. Всего точнѣе и вѣрнѣе это можно сдѣлать, отсчитавъ, на какихъ дѣленіяхъ стоятъ оба конца пузырька, и взявъ среднее арифметическое этихъ отсчетовъ. Положимъ, что середина стоитъ на какомъ-нибудь дѣленіи  $a$  стеклянной трубки. Затѣмъ снимаютъ уровень съ оси и снова подвѣшиваютъ его къ ней, но уже въ обратномъ направленіи такъ, чтобы часть  $C$  уровня была приблизительно въ томъ мѣстѣ оси, гдѣ раньше находилась часть  $D$ , и наоборотъ, и снова отсчитываютъ положеніе середины пузырька, пусть на этотъ разъ середина приходится противъ дѣленія  $b$ . Если  $a$  различно отъ  $b$ , то это послужитъ признакомъ, что ось вращенія инструмента не горизонтальна, и, следовательно, положеніе ея нужно исправить. Величина этой поправки получается непосредственно изъ чиселъ  $a$  и  $b$ .

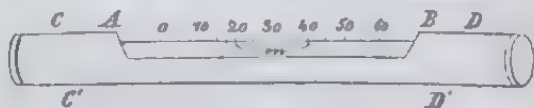


Рис. 291.

Для этого поступаютъ такъ: оставая уровень во второмъ положеніи, поднимаютъ или опускаютъ одинъ конецъ оси вращенія до тѣхъ поръ, пока середина воздушнаго пузырька не станетъ какъ-разъ посрединѣ между дѣленіями  $a$  и  $b$ . Если, напримѣръ, при первомъ положеніи уровня было получено число 8, а при второмъ 12, то передвигаютъ вышеупомянутый конецъ оси вращенія до тѣхъ поръ, пока середина пузырька не остановится на дѣленіи 10; тогда ось вращенія будетъ горизонтальна, и уровень въ обоихъ положеніяхъ покажетъ одно и то же число 10. То, что сказано здѣсь объ установкѣ оси вращенія, можно примѣнять и къ горизонтальной установкѣ стола, только въ послѣднемъ случаѣ указанный приемъ слѣдуетъ повторить два раза, въ направленіяхъ взаимно перпендикулярныхъ.

Этотъ приемъ самый простой и въ то же время самый точный, потому что при немъ совсѣмъ не приходится трогать винтовъ, при помощи которыхъ можно удлинять или укорачивать

чивать ножку или крючекъ уровня, а этого слѣдуетъ по возможности избѣгать, такъ какъ движеніе винтовъ нарушаетъ равновѣсіе отдѣльныхъ частей и производитъ натяженіе металлической оправы, которое часто исчезаетъ только по прошествіи нѣкотораго времени.

Такимъ образомъ, плоскость или ось можно привести въ горизонтальное положеніе, пользуясь неисправленнымъ уровнемъ. Но если неточность уровня, которой нѣтъ надобности знать при вышеописанномъ приемѣ, слишкомъ велика, то найденное число, равное среднему двухъ отсчетовъ, будетъ отстоять очень далеко отъ средняго дѣленія  $m$ , что мы видѣли на нашемъ примѣрѣ, гдѣ полученное среднее, т.-е. 19, на цѣлыхъ 20 дѣлений отстоитъ отъ средняго дѣленія, обозначеннаго числомъ 30 (рис. 291). Этому слѣдуетъ избѣгать, потому что даже въ самыхъ лучшихъ уровняхъ кривизна къ концамъ трубки очень рѣдко бываетъ правильна, и, кромѣ того, точка эта, въ концѣ концовъ, можетъ настолько удалиться отъ середины дѣлений, что одинъ изъ концовъ воздушнаго пузырька спрячется подъ оправу трубки, такъ что его нельзя будетъ видѣть.

Если случится что-либо подобное, то нужно подвѣсить уровень при помощи крючковъ къ оси вращенія. Если при этомъ воздушный пузырекъ не будетъ стоять посрединѣ дѣлений, то, значить, или ось не горизонтальна, или уровень неисправенъ, или, наконецъ, что бываетъ чаще всего, имѣетъ мѣсто и то, и другое. Такъ какъ ошибки обонхъ инструментовъ вѣкъ не извѣсны, то естественнѣе всего принять ихъ равными между собою. Поэтому передвигаютъ пузырекъ уровня отъ края къ срединѣ дѣлений сначала при помощи винта, служащаго для передвигенія оси вращенія, а потомъ, когда онъ пройдетъ ровно половину своего пути, при помощи коррекціоннаго винта крючка уровня. Когда это сдѣлано, переворачиваютъ уровень такимъ образомъ, чтобы восточный конецъ его оказался у западнаго конца оси вращенія. Если при новомъ положеніи уровня пузырекъ не будетъ стоять посрединѣ дѣлений, то опять исправляютъ половину ошибки однимъ вингомъ, половину другимъ и такимъ образомъ снова приводятъ пузырекъ на середину. Затѣмъ снова переворачиваютъ уровень и повторяютъ прежний приемъ до тѣхъ поръ, пока при двухъ различныхъ положеніяхъ уровня пузырекъ не будетъ стоять близко къ срединѣ дѣлений.

Не трудно видѣть, что этотъ способъ даетъ возможность сразу исправить и уровень, и положеніе оси вращенія. Однако, нѣтъ никакой необходимости добиваться того, чтобы середина пузырька какъ-разъ совпадала съ серединой дѣлений, такъ какъ, на основаніи предыдущаго, совершенно достаточно, если эти двѣ точки будутъ только близки другъ къ другу. Если, напримѣръ, середина пузырька въ первомъ положеніи уровня приходится противъ дѣленія 20, и во второмъ противъ 26, то, какъ было сказано выше, достаточно при помощи одного только винта оси вращенія привести пузырекъ на середину этихъ двухъ чиселъ, т.-е. на число 23, чтобы ось вращенія приняла строго-горизонтальное положеніе, хотя самъ уровень и не будетъ еще исправленъ, такъ какъ, согласно нашему рисунку (рис. 291), среднему дѣленію соответствуетъ число 30, а не 23. Если же хотять, кромѣ того, исправить и уровень, то нужно при помощи коррекціоннаго винта до тѣхъ поръ удлинять или укорачивать одинъ изъ крючковъ, пока середина пузырька не передвинется на 7 дѣлений, отъ 23 до 30.

Часто бываетъ желательно и даже необходимо выразить величину одного дѣленія уровня въ секундахъ. Для этой цѣли служитъ особый приборъ, называемый испытателемъ уровней; за неимѣніемъ же послѣдняго можно просто приладить уровень къ какому-нибудь инструменту, служащему для измѣренія высотъ, напримѣръ, прикрѣпить его къ зрительной трубѣ квадранта такъ, чтобы онъ былъ ей параллеленъ, и затѣмъ передвигать трубу съ уровнемъ до тѣхъ поръ, пока центръ пузырька не пройдетъ, напримѣръ, 30 дѣлений уровня. Если при этомъ высота трубы измѣнится на 20", то, значить, одному дѣленію уровня соответствуетъ 0,67". Слѣдуетъ только, если при установкѣ зрительной трубы ока-

жется, что ось ее нужно поднять, например, на 12 дугей уровня, то это поднятие будет соответствовать 8".

§ 24. **Полуденная труба.** Возвратимся теперь къ описанію нынѣ употребительныхъ астрономическихъ инструментовъ и начнемъ это описаніе съ полуденной трубы, или пассажнаго инструмента.

Полуденная труба по справедливости считается теперь самымъ подходящимъ инструментомъ для опредѣленія прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ съ наибольшею точностью, которой можно достигнуть. Этотъ инструментъ былъ изобрѣтенъ еще знаменитымъ датскимъ астрономомъ О. Ремеромъ, но только въ XIX столѣтіи былъ оцененъ по достоинству, такъ какъ въ простѣйшемъ своемъ видѣ онъ можетъ дать только прямыя восхожденія звѣзды, что не опредѣляетъ вполнѣ ихъ положенія, а усовершенствованная его разновидность—меридианный кругъ (§ 27) въ прежнее время не могъ быть построенъ съ такою точностью, которая позволила бы ему конкурировать со стѣннымъ квадрантомъ (§ 4).

Полуденная труба (рис. 292) состоитъ изъ горизонтальной металлической оси, чрезъ среднюю которой проходитъ перпендикулярная къ ней зрительная труба; сама же ось своими вѣшными цилиндрическими конусами, вокругъ которыхъ она можетъ вращаться, опирается на крѣпкіе каменные столбы. Если ось вращенія строго горизонтальна и имѣетъ направленіе съ востока на западъ, то труба будетъ направлена съ юга на сѣверъ и, вращаясь около оси, будетъ двигаться въ плоскости меридіана, такъ что достаточно только замѣтить по часамъ моментъ прохожденія звѣзды черезъ центръ поля зрѣнія трубы, чтобы получить моментъ прохожденія ея чрезъ меридіанъ, т.-е. время ея кульминаціи.

Чтобы можно было установить трубу по высотѣ, на одномъ изъ концовъ оси вращенія находится перпендикулярный къ этой оси кругъ съ дѣленіями, прикрѣпленный къ самой оси. Концентрично съ этимъ кругомъ, къ столбу прикрѣпленъ параллельный трубѣ указатель, или алидада, на концѣ которой проведена тонкая черта. Эта алидада будетъ, такимъ образомъ, при вращеніи трубы вмѣстѣ съ кругомъ вокругъ оси инструмента, наклоняться на кругъ высоту наблюдаемой звѣзды съ точностью до дѣлныхъ минутъ; этой точности совершенно достаточно, чтобы привести звѣзду въ поле зрѣнія трубы.

Оба конца оси лежатъ на двойныхъ толстыхъ металлическихъ пластинкахъ. Одна часть каждой пластинки недвижно прикрѣплена къ столбу; другая же, на которую собственно и опирается конецъ оси, можетъ при помощи винтовъ перемѣщаться относительно первой, а именно: на одномъ столбѣ такая часть можетъ двигаться по вертикальному направленію вверхъ и внизъ, а на другомъ—по горизонтальному, впередъ и назадъ. Последнее движеніе даетъ намъ возможность точно установить ось вращенія въ направленіи съ востока на западъ, а первое служить для того, чтобы можно было опускать или приподнимать соответственный конецъ оси до тѣхъ поръ, пока ось не приметъ строго горизонтальнаго положенія.

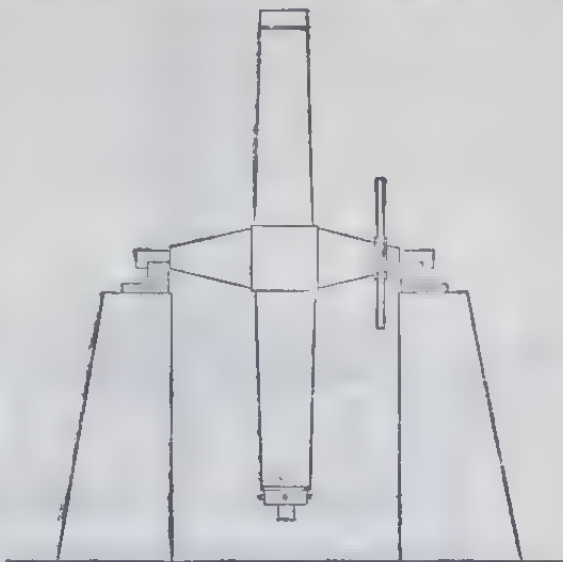


Рис. 292.

Чтобы во время точных наблюдений можно было освещать внутренность зрительной трубы, на столбе против оси помещается лампа, свѣтъ которой, проходя скъ въ пустую внутри ось вращения, падаетъ на маленькое зеркальце, помещенное внутри зрительной трубы вблизи куба, и затѣмъ, отразившись отъ этого зеркала, направляется къ окуляру зрительной трубы.

Упомянемъ еще, наконецъ, что при помощи такъ называемой доманой трубы, въ которой лучи свѣта, идущие отъ объектива, падаютъ на зеркало или на призму и, отразившись по направлению, перпендикулярному къ оси трубы, попадаютъ въ окуляръ, можно половину или даже всю зрительную трубу совместить съ горизонтальной осью вращения инструмента, смотря по тому, поставилъ ли призму въ центрѣ или къ концѣ оси; окуляръ же помещается на другомъ концѣ. Благодаря этому пассажный инструментъ получаетъ чрезвычайно удобную форму, позволяющую легко переносить его съ мѣста на мѣсто, вслѣдствіе чего такіе переносные пассажные инструменты особенно пригодны для временныхъ и частныхъ обсерваторій и даже могутъ быть безъ большихъ затрудненій взяты въ путешествие. Историъ и Мариниъ придали этимъ инструментамъ

чрезвычайно изящную и особенно удобную для употребленія форму, изображенную на прилагаемомъ рис. 293. Кромѣ удивительной устойчивости, важнѣйшія преимущества этой конструкціи слѣдующія: при всякомъ положеніи инструмента окуляръ *A* имѣетъ одно и то же положеніе; уровень *BB'* все время остается подвѣшеннымъ, такъ что въ каждый данный моментъ, взглянувъ на него, можно видѣть, измѣнилось ли положеніе оси вращения, или нѣтъ; наконецъ, при опредѣленіи коллимаціонной ошибки (§ 25), чтобы вынуть инструментъ изъ ла-

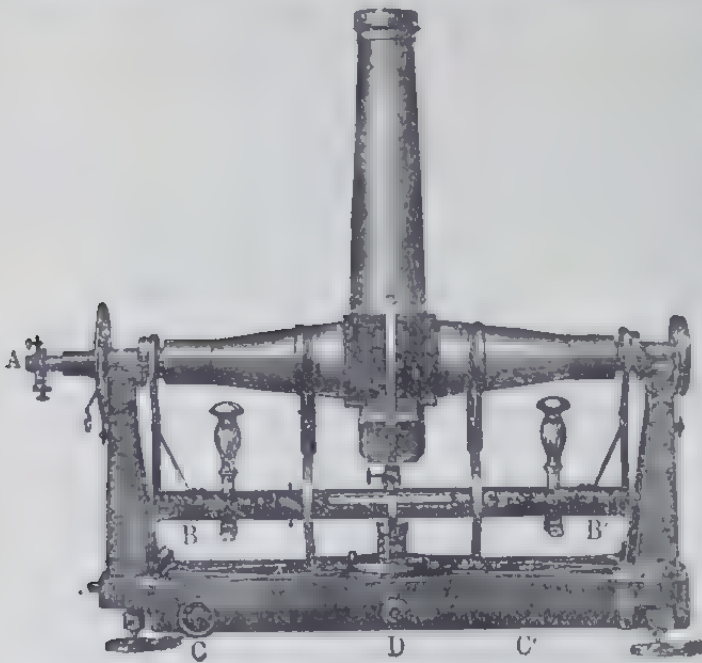


Рис. 293.

героу и перевернуть его, нужно только повернуть рукоятку *(D)* на  $180^\circ$ , т.е. привести ее въ положеніе *DC'*.

§ 25. **Повѣрка полуденной трубы.** Въ § 9 мы уже имѣли случай указать, что прежде чѣмъ наблюдать какимъ-нибудь инструментомъ, нужно повѣрить все его части. Важнѣйшія изъ тѣхъ операцій, которыя приходится для этого производить съ полуденной трубой, мы опишемъ здѣсь нѣсколько подробнѣе, такъ какъ большую часть изъ нихъ почти безъ всякаго измѣненія можно примѣнить и къ другимъ инструментамъ, о которыхъ мы будемъ говорить ниже.

Прежде всего замѣтимъ, что коллимаціонная линія, какъ обыкновенно называютъ общую ось обѣихъ чечевицъ (объектива и окуляра, § 5), перпендикулярная къ оси вращения, только въ томъ случаѣ будетъ описывать вертикальный кругъ, совпадающій съ меридіаномъ, если ось вращения будетъ строго горизонтальна.

Въ § 23 было уже подробно объяснено, какъ при помощи уровня установить гори-

горизонтально ось вращения зрительной трубы, или, если наклонность ее къ горизонту незначительна, определить величину ее; поэтому въ дальнейшемъ изложении мы будемъ только ссылаться на этотъ параграфъ.

Замѣтимъ еще, что в. фокусъ зрительной трубы, перпендикулярно къ оси объектива чечевицы (§ 5), наведена въ вертикальномъ направленіи нить. Если инструментъ стоитъ правильно, то нить эта изображаетъ ту часть меридиана, на которую направлена зрительная труба, и моментъ, когда звѣзда скрестится за нитью, будетъ, такимъ образомъ, моментомъ кульминаціи этой звѣзды.

Чтобы нити можно было придать указанное положеніе, въ которомъ она, во-первыхъ, должна быть перпендикулярна къ оси объектива чечевицы, во-вторыхъ, должна проходить какъ-разъ черезъ фокусъ и, въ-третьихъ, должна лежать въ вертикальной плоскости, нить эта внутри трубы прикрѣпляется къ тонкому кольцу, которое при помощи особыхъ винтовъ можетъ перемѣщаться по всемъ направленіямъ. Мастеръ, дѣлая инструментъ, устанавливаетъ это кольцо перпендикулярно къ оси объектива чечевицы, а если бы при этомъ и вкралась маленькая ошибка, то она не могла бы оказать замѣтнаго вліянія, потому что прохожденіе звѣзды всегда наблюдается близко къ срединѣ нити; поэтому въ большинствѣ случаевъ можно считать первое требованіе уже выполненнымъ.

Но нельзя этого сказать про второе условіе, а именно, чтобы нить проходила какъ-разъ черезъ фокусъ трубы. Исследование, которое при этомъ приходится производить, распадается на двѣ совершенно различныя задачи. Дѣйствительно, нить, стоящая перпендикулярно къ оси чечевицы, можетъ пересѣкаться съ этой осью, но не проходить черезъ фокусъ, а находиться или впереди, или позади его, т.-е. или слишкомъ далеко отъ объектива, или слишкомъ близко къ нему. Или же можетъ случиться, что разстояніе нити отъ объектива какъ-разъ равно фокусному разстоянію, но нить черезъ фокусъ все-таки не проходитъ, а уходитъ отъ него вправо или влево.

Однако, прежде чѣмъ приступать къ исправленію этихъ недостатковъ, наблюдатель долженъ измѣнить разстояніе между чечевицами себѣ по глазамъ. Вѣдь извѣстно, что близорукіи, если желаютъ хорошо видѣть въ театральнѣйшій бинокль, должны укоротить его, т.-е. сблизить чечевицы, а дальновиднѣйшіе, наоборотъ, раздвинуть. Кроме того, и тоги, и протой должны нѣсколько измѣнить разстояніе между чечевицами, смотря по тому, хотятъ ли они разсматривать очень близкіе или очень отдаленные предметы. Это остается справедливымъ и по отношенію къ астрономической зрительной трубѣ; но такъ какъ она предназначается преимущественно для наблюденія небесныхъ объектовъ, разстояніе до которыхъ очень велико, то наблюдатель, не обращая вниманія на нить, долженъ прежде всего направить трубу на звѣзду и до тѣхъ поръ передвигать окуляръ, пока звѣзда будетъ ясно видна. Лучше всего пользоваться для этой цѣли двойными звѣздами, на которыя мы уже указывали раньше (часть II, § 192). Когда перемѣщаемъ окуляръ удается достигнуть того, что двойная звѣзда будетъ видна совершенно ясно и отчетливо можетъ случиться, что нить будетъ видна очень плохо, въ видѣ сѣрой широкой повѣси. Это значитъ, что нить стоитъ или слишкомъ близко, или слишкомъ далеко отъ окуляра, потому что когда она находится на своемъ мѣстѣ, т.-е. въ фокусѣ окуляра, который послѣ установки на звѣзду совпадаетъ съ фокусомъ объектива, то она кажется черной и рѣзко очерченной. Въ этомъ случаѣ нужно при помощи назначеннаго для этого винта до тѣхъ поръ передвигать кольцо съ нитью вдоль трубы, т.-е. до тѣхъ поръ измѣнять разстояніе кольца отъ объектива, пока глазъ не увидитъ нити совершенно отчетливо. Этотъ приемъ даетъ возможность установить нить очень близко къ фокусу, но нельзя поручиться, что она будетъ проходить какъ-разъ черезъ фокусъ. Для того же, чтобы точно установить нить въ фокусѣ, поступають такъ. Послѣ этой первой трубой установки нити наводятъ трубу на какой-нибудь очень отдаленный и рѣзко очерченный земной предметъ, напримѣръ,

на шпигль баини, и приводять нить въ соприкосновеніе съ этимъ шпиглемъ. Загъмь передвигаютъ глазъ вправо и влѣво передъ окуляромъ до тѣхъ поръ, пока можно еще видѣть въ трубу нить, и замѣчаютъ, наблюдается ли соприкасаніе нити со шпиглемъ въ крайнихъ положеніяхъ глаза. Если случайно окажется, что да, то можно быть увѣреннымъ, что нить если и не проходитъ черезъ самый фокусъ, то лежитъ въ плоскости, проходящей черезъ фокусъ и перпендикулярной къ оси чечевиць. Если же при передвиженіи глаза нить также будетъ перемѣщаться относительно земного предмета, то это значить, что нить не лежитъ въ упомянутой плоскости, а находится впереди или позади нея. Который изъ этихъ двухъ случаевъ имѣть мѣсто, рѣшается очень просто: если при перемѣненіи глаза и нить передвигается въ ту же сторону, напримѣръ, если и глазъ, и нить одновременно передвигаются вправо, то это значить, что нить находится слишкомъ близко къ объективу, и ее нужно отъ него отодвинуть; если же глазъ и нить движутся въ противоположныя стороны, напримѣръ, глазъ вправо, а нить влѣво, то нить находится слишкомъ далеко отъ объектива, и ее нужно приблизить къ нему. Собственно, наблюдателю кажется, что не только нить, но также и изображеніе предмета движется, когда глазъ мѣняетъ свое положеніе передъ окуляромъ. Поэтому предыдущее правило можно замѣнить слѣдующимъ: если глазъ и изображеніе земного предмета движется въ противоположныя стороны, то нить стоитъ слишкомъ близко къ объективу, если же въ одну и ту же сторону, то нить слишкомъ далеко отъ объектива, и ее нужно до тѣхъ поръ придвигать къ нему, пока глазъ при своемъ движеніи не будетъ замѣчать никакихъ измѣненій. Это правило одинаково для близорукныхъ и дальновзркихъ, потому что когда нить приведена въ надлежащее положеніе, то и тому, и другому нужно только переставить окуляръ себѣ по глазамъ, чтобы ясно видѣть и нить, и звѣзду.

Этимъ способомъ можно установить нить въ плоскости, перпендикулярной къ оси чечевиць и проходящей черезъ фокусъ; однако, нить при этомъ можетъ и не проходить черезъ самый фокусъ, а находиться вправо или влѣво отъ него.

Чтобы исправить эту ошибку, нужно вынуть весь инструментъ изъ лагеровъ и, перевернувъ его, снова вложить въ лагеры такъ, чтобы, напримѣръ, тотъ конецъ оси вращения, который раньше былъ направленъ къ востоку, лежалъ теперь въ западномъ лагерѣ. послѣ чего труба снова наводится на предметъ. Если середина нити до и послѣ перекладки будетъ касаться одной и той же точки земного предмета, то это покажетъ, что она совпадаетъ съ фокусомъ трубы или, что собственно и требуется, лежитъ на оптической оси ея, перпендикулярной къ оси вращения инструмента. Если же этого не случится, то послѣ перекладки исправляютъ половину замѣченной ошибки, которую называютъ коллимационной ошибкой, при помощи того винтика, который служитъ для передвиженія упомянутого кольца съ нитью въ ту и другую сторону по горизонтальному направленію. Но такъ какъ не всегда бываетъ легко раздѣлить замѣченную ошибку какъ-разъ пополамъ, особенно если она значительна, то описанный приемъ нужно повторить нѣсколько разъ, ошибка съ каждымъ разомъ будетъ уменьшаться и, наконецъ, станетъ совершенно незамѣтной.

По окончаніи указанныхъ операции будетъ выполнено одно изъ главнѣйшихъ условий правильности наблюдений, производимыхъ полуденной трубой, такъ какъ нить будетъ тогда сохранять определенное положеніе относительно изображенія, что же касается третьей изъ вышеуказанныхъ поправокъ положенія нити, то вспомнимъ, что, если ось вращения горизонтальна (§ 23), коллимационная линия трубы описываетъ вертикальный кругъ. На основаніи этого можно очень легко установить нагнутую въ фокусъ обѣихъ чечевиць перпендикулярную къ нѣкъ оси нить строго вертикально, т.-е. перпендикулярно къ горизонту, нужно только, медленно наклоняя и снова поднимая зрительную трубу, заставить нить скользить вверхъ и внизъ по какой-нибудь хорошо замѣтной точкѣ земного предмета съ

рѣзкими очертаніями. Если при такомъ движеніи трубы нить не будетъ все время проходить какъ-разъ черезъ эту точку предмета, то нужно при помощи названнаго для этого винта до тѣхъ поръ поворачивать кольцо въ его собственной плоскости вокругъ его центра, пока не будетъ удовлетвориться указанное требованіе.

Обыкновенно по обѣ стороны средней нити натягиваютъ еще по одной или даже по нѣсколько параллельныхъ ей и равноотстоящихъ другъ отъ друга нитей, чтобы увеличить число наблюдений прохождения звѣзды и потомъ взять среднее арифметическое изъ всѣхъ моментовъ вступленія звѣзды на нити, которое и считаютъ моментомъ наблюденія. Для проверки параллельности нитей можно пропустить звѣзду одинъ разъ черезъ верхнія, а другой—черезъ нижнія части нитей и посмотреть, будутъ-ли равны между собою промежутки времени, полученные для каждой пары нитей изъ обоихъ наблюденій. Замѣтимъ, наконецъ, что къ этому ряду вертикальныхъ, параллельныхъ между собою нитей, присоединяютъ обыкновенно еще одну нить, перпендикулярную къ нимъ, т.-е. горизонтальную, которая служитъ для того, чтобы можно было пропускать всѣ звѣзды приблизительно черезъ однѣ и тѣ же точки вертикальныхъ нитей, заставляя ихъ проходить вблизи горизонтальной, и такимъ образомъ избѣгать вліянія возможныхъ незначительныхъ отклоненій отъ параллельности. Иногда употребляютъ вмѣсто одной двѣ горизонтальныя нити. Къ вертикальнымъ равноотстоящимъ нитямъ иногда присоединяютъ еще двѣ нити на краяхъ поля зрѣнія. Такая сѣтка нитей изображена на рис. 294.

Когда, такимъ образомъ, ось вращенія полуденной трубы установлена вполнѣ горизонтально, и сѣтка нитей расположена такъ, что при вращенія трубы вокругъ оси вертикальныя нити движутся вверхъ и внизъ въ плоскости, перпендикулярной къ горизонту, т.-е. по вертикальному кругу, остается только подумать о томъ, чтобы этотъ вертикальный кругъ былъ меридианомъ, въ плоскости котораго и долженъ двигаться инструментъ.

Чтобы приблизительно установить инструментъ въ меридіанѣ, проще всего воспользоваться кульминаціей солнца или другого какого-нибудь светила, прямое восхожденіе котораго извѣстно, для этого однимъ изъ вышеуказанныхъ способовъ опредѣляютъ поправку своихъ часовъ и затѣмъ передвигаютъ въ горизонтальномъ направленіи ось инструмента при помощи винта, находящагося у одного конца оси такъ, чтобы звѣзда проходила черезъ нити какъ-разъ въ моментъ, соответствующій ея прямому восхожденію.

Вслѣдствіе быстрого движенія звѣзды, расположенныхъ вблизи экватора, очень трудно установить инструментъ по одной изъ этихъ звѣздъ такимъ образомъ, чтобы какъ-разъ въ опредѣленный моментъ она проходила черезъ главную нить; кромѣ того, въ этомъ случаѣ очень сильно вліяетъ всякая ошибка принятой поправки часовъ. Поэтому, установивъ полуденную трубу вышеуказаннымъ способомъ по одной изъ экваториальныхъ звѣздъ очень близко къ плоскости меридіана, повторить тотъ-же приемъ съ близполюсной звѣздой, т.-е. передвигать ось вращенія трубы до тѣхъ поръ, пока звѣзда въ какой-нибудь заранѣе моментъ своей кульминаціи будетъ стоять какъ-разъ вблизи главной нити. Вслѣдствіе медленнаго движенія полярныхъ звѣздъ это удается сдѣлать очень точно и удобно; кромѣ того, также благодаря медленному движенію звѣзды, ошибка въ поправкѣ часовъ будетъ вліять гораздо меньше, чѣмъ въ случаѣ экваторальной звѣзды.

Такимъ образомъ, мы указали различныя поправки полуденной трубы, которыми можно съ успѣхомъ заняться еще до начала настоящихъ наблюденій этимъ инструментомъ. Но такъ какъ сдѣлать коллимационную линію перпендикулярной къ оси вращенія, придать оси вращенія горизонтальное положеніе и, наконецъ, установить зрительную трубу въ плоскости меридіана очень трудно при помощи однихъ механическихъ средствъ (сла-

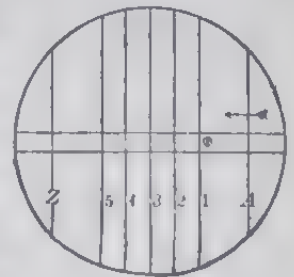


Рис. 294.

говъ и т. под.), и такъ какъ неточности въ установкѣ инструмента благотари вѣщшимъ влияніемъ на инструментъ быстро влѣбляются, то повѣйшіе наблюдатели предпочитаютъ дѣлать эти неточности лишь по возможности малыми, а остающіяся ошибки, или, лучше сказать, влияние этихъ ошибокъ на наблюденія вводить въ вычисления. Этотъ способъ гораздо точнѣе предыдущаго, но мы не излагаемъ его здѣсь, такъ какъ вкратцѣ изложить его очень трудно.

Кромѣ только-что перечисленныхъ главныхъ ошибокъ пассажнаго инструмента, существуетъ еще цѣлый рядъ другихъ; но если инструментъ сдѣланъ хорошо, то эти послѣднія ошибки дѣлаются ощутительными только тогда, когда требуется величайшая точность, и потому мы скажемъ о нихъ только вкратцѣ. Такъ, и безъ илшняго указанія, читатель легко пойметъ, что мастеръ, изготовляющій инструментъ, долженъ очень тщательно отглаживать концы оси вращенія, которыми эта ось лежитъ въ лагерахъ. Эти концы оси представляютъ собою цилиндры съ кругообразными основаціями; если основаніе одного изъ концовъ не есть правильный кругъ, а, напримѣръ, эллипсъ, или если оба они суть круги, но различныхъ диаметровъ, или же, если цилиндры не стоятъ какъ-разъ другъ противъ друга, и т. д., то эти неизбежныя недостатки механическаго выполненія послужатъ источникомъ ошибокъ, которыя наблюдатель долженъ принять во вниманіе при вычисленіи своихъ наблюденій, такъ какъ ихъ нельзя ни устранить, ни уменьшить, какъ перья гри. Еще труднѣе опредѣлить тѣ ошибки, которыя являются слѣдствіемъ дѣйствія силы тяжести на зрительную трубу въ различныхъ положеніяхъ ея относительно горизонта, а также и тѣ, причиною которыхъ служатъ, напримѣръ, влияние температуры на различныя части инструмента при наблюденіяхъ солнца. Чтобы по возможности устранить послѣднія ошибки, не только инструментъ, но и оба столба, на которыхъ покоится инструментъ, затѣраживаются особыми ширмами, такъ что солнечныя лучи падаютъ только на объективъ зрительной трубы.

Упомянемъ еще, что раньше имѣли обыкновеніе какъ для этого, такъ и вообще для всѣхъ инструментовъ, установленныхъ въ меридіанѣ, на разстояніи 3 или 4 километровъ къ сѣверу и къ югу, сооружать особыя меридіанныя знаки или миры; это колонны или столбы, въ верхней части своей снабженныя горизонтальною шкалою, дѣленія которой были хорошо видны въ трубу; съ ихъ помощью можно было не только весьма точно опредѣлять направленіе меридіана, но и приводить трубу въ надлежащее положеніе, если она какъ-нибудь случайно вышла изъ него. Въ новѣйшее время для этой цѣли употребляютъ маленькія зрительныя трубы, укрѣпленныя въ меридіанѣ на столбахъ въ горизонтальномъ положеніи, или такъ называемыя коллиматоры, что гораздо удобнѣе, такъ какъ ихъ можно помѣстить или въ томъ-же землѣ, гдѣ производится наблюденіе, или, по крайней мѣрѣ, въ саду обсерваторіи, а потому они находятся подъ постояннымъ контролемъ астрономовъ \*).

§ 26. **Наблюденія полуденной трубою.** Тщательно повѣренная полуденная труба представляетъ удобнѣйшее и надежнѣйшее средство для опредѣленія времени; поэтому на постоянныхъ обсерваторіяхъ время, или что то же, поправку часовъ опредѣляютъ исключительно съ помощью пассажнаго инструмента. Мы уже разъ упоминали (часть I, § 97), что въ обсерваторіяхъ, кромѣ часовъ, идущихъ по среднему времени, всегда есть еще часы, которые показываютъ звѣздное время, т. е. ежедневно опережаютъ первые приблизительно на  $3^m 56^s$ , и что именно съ этими часами производится наибольшее число наблюденій. Въспомогательныя часы нужны еще разъ упомянуть, что для астрономическихъ наблюденій нужны хорошия

\* Замѣтимъ, что, пользуясь особыми вспомогательными объективами, можно я миры установить въ близкомъ съ инструментомъ разстояніи. Такими мирами, между прочимъ, снабженъ пассажный инструментъ цукковской обсерваторіи.



часы, т.-е. такіе, которые шли бы равномернo иначе говоря, необходимо, чтобы ходъ часовъ (§ 20) былъ почти постояненъ.

Чтобы въ каждый данный моментъ найти, насколько часы уклоняются отъ звѣзднаго времени, устанавливають полуденную трубу (рис. 292) такимъ образомъ, чтобы индексъ показывалъ на раздѣленномъ кругѣ какъ-разъ полуденную высоту какой-нибудь звѣзды, прямое восхожденіе которой точно извѣстно, и ожидать, когда звѣзда эта пройдетъ черезъ нити полуденной трубы. Пусть эта звѣзда есть Альдебаранъ, или  $\alpha$  Тельца, прямое восхожденіе которой равно  $4^h 26^m 25,3^s$ . Положимъ, что въ трубу натянуты три вертикальныя нити, равно отстоящія другъ отъ друга, причемъ средняя изъ нихъ находится какъ-разъ въ меридіанѣ, и что въ тѣ моменты, когда звѣзда проходила черезъ нити, на часахъ были замѣчены слѣдующія показанія:

при прохожденіи черезъ первую нить		$4^h 26^m 54,2^s$
» » » среднюю »		$4 27 39,3$
» » » третью »		$4 28 23,8$

Взявъ среднее арифметическое изъ этихъ трехъ наблюденій, получимъ, что въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ часы показывали  $4^h 27^m 39,1^s$ . Но истинное звѣздное время этого момента равно, какъ извѣстно, прямому восхожденію звѣзды, т.-е.  $4^h 26^m 25,3^s$ ; разность этихъ двухъ чиселъ составляетъ  $1^m 13,8^s$ ; следовательно, въ тотъ моментъ, когда часы показывали  $4^h 28^m$ , они были на  $1^m 13,8^s$  впередъ звѣзднаго времени, т.-е. показывали на  $1^m 13,8^s$  больше, чѣмъ слѣдуетъ.

Если бы въ тотъ же день изъ наблюденія какой-нибудь другой звѣзды напримеръ, Веги, или  $\alpha$  Лиры, прямое восхожденіе которой равно  $18^h 31^m 19,2^s$ , было найдено, что въ этотъ моментъ часы на  $1^m 14,2^s$  опережали звѣздное время, то оказалось-бы, что за  $14^h 5^m$  часы ушли впередъ относительно звѣзднаго времени на  $0,4^s$ , т.-е., если ходъ ихъ считать равномернымъ, то въ каждый часъ они опережаютъ звѣздное время на  $0,028^s$ . Чтобы опредѣлить съ желаемой точностью состояніе и ходъ часовъ относительно звѣзднаго времени, нужно сдѣлать нѣсколько такихъ наблюденій и взять изъ нихъ среднее (ср. § 14).

Когда, такимъ образомъ, состояніе часовъ вполне опредѣлено, можно приступить ко второй главной задачѣ полуденной трубы, къ опредѣленію прямыхъ восхожденій тѣхъ свѣтилъ, положеніе которыхъ на небѣ еще неизвѣстно. Для этой цѣли нужно недолго до кульминаціи свѣтила навести на него трубу и снова замѣтить по часамъ время прохожденія его черезъ три нити. Положимъ, что въ тотъ же самый день, что и выше, наблюдали еще какую-нибудь планету, и пусть

моментъ прохожденія черезъ первую нить равенъ		$10^h 43^m 16,2^s$
» » » среднюю » »		$10 44 20,4$
» » » третью » »		$10 45 24,3$

Среднее изъ этихъ трехъ чиселъ,  $10^h 44^m 20,3^s$ , и будетъ, такимъ образомъ, моментъ кульминаціи планеты по часамъ. По часы въ  $4^h 28^m$  были на  $1^m 13,8^s$  впередъ звѣзднаго времени; въ каждый часъ они уходятъ на  $0,028^s$  впередъ; следовательно, въ моментъ наблюденія они были впередъ на  $1^m 13,98^s$ , и планета кульминировала на самомъ дѣлѣ въ  $10^h 43^m 6,32^s$  звѣзднаго времени; это и будетъ ея искомымъ прямое восхожденіемъ.

Не трудно видѣть, что при опредѣленіи по этому способу прямыхъ восхожденій важную роль играетъ достоинство часовъ, т.-е. равномерныя, постоянный ходъ ихъ. Это условіе тѣмъ болѣе необходимо, что всякая ошибка въ принятой поправкѣ часовъ, будучи переведена въ цѣловыя единицы, увеличивается въ 15 разъ, такъ что, напримеръ, ошибка въ  $1^s$  влечетъ за собой ошибку въ прямомъ восхожденіи въ  $15''$ , или въ  $\frac{1}{4}$  ". Поэтому и въ настоящее время, несмотря на значительныя преимущества современныхъ часовъ, ста-

раются определять их поправку и прямая восхождения неизвестных звёзд приблизительно одновременно.

В наше время полуденная труба приобрѣла еще большее значение благодаря применению ея къ определению географическихъ широтъ и т. п., что было предложено еще ея изобрѣтателемъ, О. Рѣмеромъ, въ началѣ XVIII столѣтія, но во всеобщее употребленіе вошло только благодаря Бесселю. Въ самомъ дѣлѣ, если установить этотъ инструментъ такимъ образомъ, чтобы ось его лежала въ плоскости меридіана, а труба двигалась въ первомъ вертикалѣ, т.-е. въ плоскости круга высоты, проходящаго черезъ точки востока и запада, то можно наблюдать прохожденія черезъ этотъ кругъ тѣхъ звёздъ, которыя для нашего полушарія кульминируютъ къ югу отъ зенита. Промежутокъ времени между прохожденіями одной и той же звёзды черезъ восточную и западную части перваго вертикала будетъ, опять-таки для нашего полушарія, тѣмъ больше, чѣмъ ближе мѣсто наблюденія къ сѣверному полюсу, и обратно; следовательно, по величинѣ этого промежутка можно судить о высотѣ полюса въ мѣстѣ наблюденія.

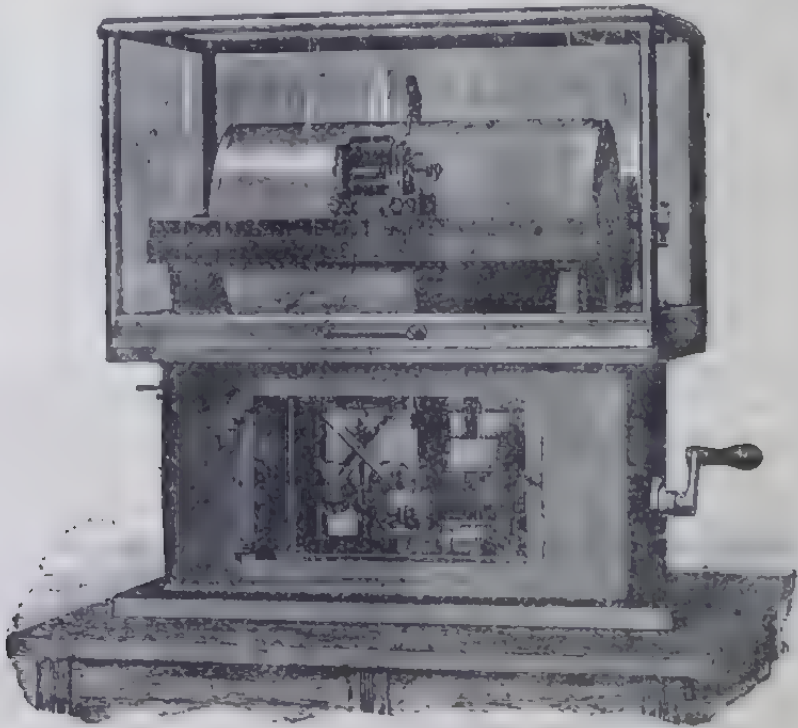


Рис. 295.

То же самое можно сказать и о склоненіи звёздъ. Промежутокъ времени между прохожденіями звёзды черезъ восточную и западную части перваго вертикала будетъ тѣмъ короче, чѣмъ ближе къ зениту кульминируетъ звёзда. Но кульминационная высота, какъ извѣстно, связана весьма простымъ соотношеніемъ со склоненіемъ звѣзды (введеніе, § 18), потому если извѣстна высота полюса, то по величинѣ вышеупомянутого промежутка можно судить о склоненіи звёзды. Не имѣя возможности подробно разсматривать здѣсь эти соотношенія, замѣтимъ только, что указанный способъ особенно выгоденъ въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно определить только разность склоненій двухъ звёздъ или измѣненіе склоненія звёзды за извѣстный промежутокъ времени, а потому имъ особенно удобно пользоваться для изученія измѣненій склоненій звёздъ, производимыхъ абераціей или нугаціей (часть I, §§ 45, 56), и для опредѣленія значенія этихъ величинъ такъ же,

как и для исследования незначительных периодических колебаний земной оси, о которых мы говорили в своемъ мѣстѣ (часть III, § 26).

\* Чтобы точно опредѣлить моментъ прохожденія звѣзды черезъ любую вертикальную нить, натянутую въ фокусѣ трубы пассажнаго инструмента, обыкновенно пользуются такъ называемымъ хронографомъ. Хронографы бывають различныхъ системъ. Одинъ изъ хронографовъ изображенъ на рис. 295. Въ этомъ хронографѣ цилиндръ, обернутый разграфленною бумагою, приводится въ равномерное вращательное движеніе, и въ такомъ случаѣ перо, вследствие особаго его передвиженія относительно цилиндра, вычерчиваетъ на цилиндрѣ винтообразную линію. Если же въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ нить наблюдатель подастъ сигналъ, то на этой линіи получится зубецъ. Благодаря тому, что бумага на цилиндрѣ разграфлена, и цилиндръ вращается равномерно, можно точно опредѣлять моментъ, соответствующій этому зубцу. \*

§ 27. Меридіанный кругъ. Описаніе полуденной трубы мы начали съ замѣчанія, что этому инструменту долгое время не удѣляли того вниманія, какого онъ заслуживаетъ, потому что имъ можно было опредѣлять только прямыя восхожденія звѣздъ. Хотя еще О. Ремеръ предлагалъ усовершенствовать этотъ инструментъ такимъ образомъ, чтобы можно было одновременно опредѣлять и склоненія звѣздъ, а именно, онъ предлагалъ связать полуденную трубу съ весьма точно раздѣленнымъ кругомъ, плоскость котораго совпадала бы съ плоскостью меридіана, но осуществленіе этой простой мысли съ надлежащей точностью сопряжено съ такими большими трудностями, что только въ истекшемъ столѣтіи нѣмецкимъ мастерамъ удалось преодолѣть ихъ.

Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ, что къ столбу полуденной трубы (рис. 292, стр. 827) вмѣсто грубо раздѣленнаго круга, котораго совершенно достаточно для того, чтобы отыскать звѣзду, прикрѣпленъ мелко раздѣленный большой кругъ, съ помощью котораго можно съ величайшей точностью опредѣлять высоту свѣтила въ то время, когда оно проходитъ черезъ меридіанъ; тогда, если известна высота экватора въ мѣстѣ наблюденія (т. е. дополненіе высоты полюса или географической широты до 90°), можно сейчасъ же найти склоненіе свѣтила, такъ какъ известно, что если изъ кульминаціонной высоты звѣзды вычесть высоту экватора, то получимъ склоненіе ея (свод., § 18).

Такимъ образомъ явился меридіанный кругъ, изображенный на рис. 296 въ главныхъ чертахъ, въ томъ видѣ, въ какомъ, по свидѣтельству Гесселя, онъ былъ впервые построень въ Германіи Рейхенбахомъ.

Здѣсь, какъ и въ полуденной трубѣ, можно замѣнить опирающуюся на два столба *P* и *Q* горизонтальную ось вращенія *AB*, посредникъ которой укрѣплена перпендикулярно къ ней зрительная труба *CD*. Оба конца *A* и *B* оси вращенія покоятся въ лагерахъ, связанныхъ съ столбами при помощи двухъ металлическихъ частей, каждая изъ которыхъ состоитъ изъ двухъ толстыхъ металлическихъ пластинокъ. Первыя, ближайшія къ столбамъ, пластинки прикрѣплены къ нимъ; вторыя, на которыхъ, собственно, и находятся лагеры, поддерживающіе цилиндрическіе концы оси вращенія, можно посредствомъ винтовъ перемѣщать относительно первыхъ пластинокъ, а именно, одну можно двигать вверхъ и внизъ, чтобы съ помощью уровня установить горизонтально ось вращенія, другая же дви-

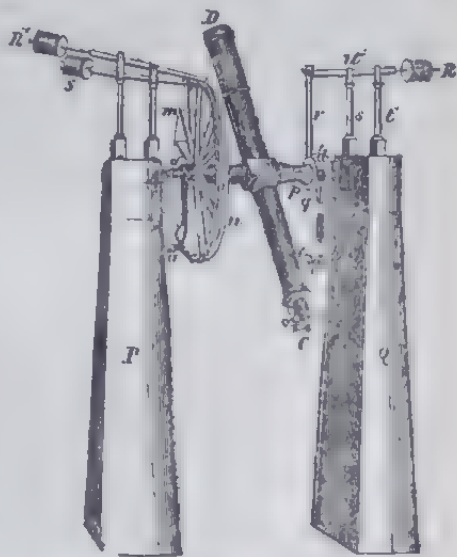


Рис. 296

жется вращать и вперёд въ плоскости горизонта, чтобы можно было ось вращения установить перпендикулярно къ меридиану, или трубу ( $T$ ) привести въ плоскость меридиана.

На одномъ изъ концовъ оси вращения находится два концентрическихъ перпендикулярныхъ къ ней круга  $mn$ . Окружности этихъ лежащихъ въ параллельныхъ плоскостяхъ круговъ такъ близки, что почти касаются другъ друга. На лимбъ большаго изъ нихъ, или вишшняго, положена проволока серебра, раздѣленная на градусы и минуты; онъ неподвижно связанъ съ осью вращения, такъ что, когда вращается эта ось, вращается вмѣстѣ съ трубою и кругъ. Меньши или внутренній кругъ, называемый также алидадой, въ четырехъ мѣстахъ лимба снабженъ верньерами, попарно противоположными другъ другу (въ новѣйшее время верньеры замѣняются особыми микроскопами), служащими, какъ увидимъ ниже, для того, чтобы минуты въ другомъ кругѣ можно было раздѣлить на болѣе мелкия части, такъ что въ большихъ инструментахъ этого рода можно непосредственно отсчитывать секунды и отбивать доли секунды. До болѣе подробнаго знакомства съ верньерами, вмѣсто нихъ можно пользоваться просто тонкими прямыми линиями, начерченными на ободкѣ внутренняго круга въ направлении радиуса, и при помощи этихъ черточекъ можно опредѣлить положение вишшняго круга относительно неподвижнаго внутренняго. Второй кругъ, или алидада, прикрѣпленъ не къ оси вращения  $AB$ , какъ первый, а къ столбу  $P$ , и потому, когда ось перваго круга вращается, второй остается неподвижнымъ. Отверстіе въ центрѣ этой алидады дѣлается нѣсколько шире конца  $A$  оси вращения, такъ что ось свободно проходить сквозь него. Къ столбу алидада прикрѣпляется прочнымъ металлическимъ скрѣпомъ  $ad$ , который устроенъ слѣдующимъ образомъ: въ столбъ плотно вдѣланъ толстый кусокъ жѣлѣза  $a$ , который при  $c$  крѣпкимъ винтомъ соединяется съ толстой латушной пластинкою  $d$ , а верхняя часть пластинки, въ свою очередь, неподвижно прикрѣпляется винтами къ алидадѣ. Чтобы можно было убѣдиться, что положеніе алидады не измѣнилось, къ спицамъ ея надѣтъ  $d$ , параллельно кругу, прикрѣпляется уровень. Если алидада слегка сдвинется съ мѣста, такъ что положеніе уровня измѣнится, то съ помощью вышеупомянутого винта при  $c$  можно передвинуть алидаду такъ, чтобы пузырекъ уровня возвратился на прежнее мѣсто, а слѣдовательно и алидада приняла первоначальное положеніе, если же все-таки останется маленькая ошибка, то ее принимаютъ во вниманіе при вычисленіяхъ.

Подобное же приспособленіе находится и на другомъ концѣ  $B$  оси вращения. Здѣсь винтъ укрѣпленный въ столбѣ  $Q$  кусокъ жѣлѣза  $a$  и толстая латушная втулка  $b$ . Верхняя часть этой втулки  $d$  окружаетъ ось вращения такъ, что послѣдняя безпрятственно проходитъ сквозь нѣсколько болѣе широкое отверстіе втулки. Внутри втулки по направлению  $cd$  проходитъ металлическій стержень, вверху оканчивающійся петлей, а внизу маленькимъ кружкомъ съ зубцами по краямъ (онъ виденъ при  $h$ ), съ помощью котораго можно очень удобно вращать стержень. Если отпустить винтъ  $h$ , то верхній конецъ стержня  $d$  опустится, и ось вращения станетъ свободной, такъ что ее можно будетъ повернуть вмѣстѣ съ зрительной трубою и прикрѣпленнымъ къ ней вишнимъ кругомъ и приблизительно установить трубу на жѣлѣзную звѣзду такъ, чтобы звѣзда, по крайней мѣрѣ, появилась въ голѣ фронтъ трубы. При появленіи звѣзды можно слегка передвинуть зрительную трубу вмѣстѣ съ вишнимъ кругомъ до тѣхъ поръ, пока горизонтальная нить, помѣщенная въ фокусѣ трубы, не будетъ проходить какъ-разъ черезъ звѣзду. Чтобы сдѣлать это достаточно точно сначала вращиваютъ стержень при помощи вертикальнаго винта  $h$  до тѣхъ поръ пока верхняя часть его  $d$  не хирится въ ось вращения, такъ что послѣдняя, вмѣстѣ съ кругомъ и трубою, окажется закрѣпленной. Тогда при помощи другаго, горизонтальнаго винта  $g$  съ мелкой нарезкой, зубчатая головка котораго находится при  $f$  и при  $a'$ , можно слѣд. поворачивать пластинку  $cd'$ , а слѣдовательно и связанную съ нею ось вращения до тѣхъ поръ, пока звѣзда не скроется за горизонтальною нитью трубы. Затѣмъ

отсчитываютъ положеніе четырехъ микроскоповъ алидады относительно вишняго круга и, взявъ среднее изъ этихъ отсчетовъ, получаютъ искомую высоту наблюдаемой звѣзды.

При описаніи меридіаннаго круга мы, для краткости и простоты, опустили описаніе многихъ мелкихъ приспособленій, служащихъ для того, чтобы увеличить точность и удобство наблюденій. Въ дополненіе къ предыдущему, достаточно будетъ сдѣлать здѣсь слѣдующія два замѣчанія. Во-первыхъ, ось вращенія во всю свою длину такъ же, какъ и столбъ по направленію этой оси пробурованы, чтобы можно было лампой, находящейся по другую сторону столба, освѣтить внутренность трубы и, такимъ образомъ, сдѣлать тонкія нити, помѣщенные въ ея фокусы, видимыми во время ночныхъ наблюденій. Но объ этомъ приспособленіи мы уже говорили при описаніи полуденной трубы, а потому не видимъ надобности еще разъ повторять все сказанное. Во-вторыхъ, недостаточно того, чтобы инструментъ вышелъ изъ рукъ мастера по возможности совершеннымъ; нужно, чтобы онъ долгое время могъ оставаться въ такомъ состояніи, чтобы онъ не могъ слишкомъ скоро испортиться и сдѣлаться негоднымъ къ употребленію. Поэтому прежде всего нужно позаботиться о томъ, чтобы цилиндрическіе концы *A* и *B* оси вращенія не стирались отъ употребленія, вслѣдствіе большаго вѣса инструмента, такъ какъ благодаря этому ихъ первоначальная форма можетъ измѣниться, и труба не будетъ уже двигаться въ плоскости меридіана, но будетъ уклоняться отъ него то къ ту, то къ другую сторону, смотря по тому, какая часть истершихся цапфъ (цилиндровъ, находящихся на концахъ оси) будетъ прикасаться къ подставкамъ. Чтобы избѣжать этого, концы оси дѣлаютъ изъ стали, а лагерь, въ которыхъ онѣ лежатъ, изъ колокольней мѣди, такъ какъ опытъ показалъ, что въ этомъ случаѣ прикасающіеся другъ къ другу части стираются гораздо меньше, чѣмъ если онѣ сдѣланы изъ одного материала. Для этой же цѣли служитъ металлическій стержень *e*, находящійся на концѣ *B* оси вращенія. Нижний конецъ стержня оканчивается кольцомъ, отверстіе котораго значительно больше толщины оси въ этомъ мѣстѣ. На внутреннемъ краѣ этого кольца, въ нижней части его, при *p* и при *q*, помѣщаются два маленькихъ блока, которые могутъ вращаться вокругъ своихъ осей; верхнія части ихъ слегка выступаютъ надъ внутренней поверхностью кольца. Въ верхней части этого вертикальнаго стержня *e* находится отверстіе, въ которое входитъ одинъ изъ концовъ горизонтальнаго стержня *a*, а на другомъ концѣ послѣдняго помѣщается подвижная гири *R*, налитая свинцомъ. Этотъ стержень поддерживается штифтикомъ *u*, проходящимъ черезъ колонку *s*, укрѣпленную на столбѣ *Q*. Такимъ образомъ, оба стержня *e* и *a* образуютъ рычагъ, точкой опоры котораго служитъ штифтикъ *u*. Сила, къ нему приложенная, есть вѣсъ гири *R*, грузомъ является тяжесть обращенной къ нему половины инструмента. Не трудно видѣть, что, притянувъ грузъ *R* къ точкѣ опоры *u* или отодвинувъ отъ нея, можно добиться того, что рычагъ придетъ въ положеніе, близкое къ положенію равновѣсія, такъ что давленіе инструмента на лагерь при *B* будетъ равно только незначительной части прежняго, и онъ только-что не будетъ висѣть въ воздухѣ. Такое же приспособленіе устроено и на другомъ концѣ оси вращенія *A*, такъ что при надлежащемъ положеніи обоихъ противовѣсовъ *R* и *R'* ось эта будетъ вращаться на четырехъ рычагахъ своихъ рычаговъ, какъ на колесахъ, и инструментъ будетъ давить на цилиндрическіе концы ея не всей своей тяжестью, а лишь незначительной частью своего вѣса. Такой же противовѣсъ находится при *S*: онъ уравниваетъ тяжесть находящагося съ этой стороны круга. Но инструментъ этотъ, какъ мы скоро покажемъ, иногда приходится перекладывать, такъ что кругъ оказывается то справа, то слева, и потому на киктомъ столбѣ находится по два приспособленія, изъ которыхъ одно назначается для того, чтобы уравновѣсить ось, а другое—оба круга.

§ 28. **Опредѣленіе ошибки индекса меридіаннаго круга.** Такъ какъ этотъ инструментъ предназначается для опредѣленія не только прямыхъ возхожденій, но и склоненій свѣтилъ въ моментъ прохожденія ихъ черезъ меридіанъ, то при повѣркѣ его, по-

первых, нужно выполнить всё те правила, которые были уже нами указаны выше для полученной трубы (§ 25), и которые, поэтому, ещё нужны здесь повторить. Те же из добавочных ошибок меридианнаго круга, которые являются следствием не вполне концентрическаго расположения алидады и лимба, неточностей въ нанесеннн дѣленнй и т. д., при современномъ совершенствѣ этого инструмента настолько незначительны, что ихъ нужно принимать во вниманн только при самыхъ точныхъ наблюденняхъ, а потому мы здѣсь о нихъ также говорить не будемъ. О главнѣйшей изъ погрѣвокъ этого рода, зависящей отъ того, что алидада можетъ смѣститься относительно лимба, мы уже упоминали выше, а потому мы можемъ здѣсь ограничиться только описаннемъ способовъ опредѣленнй ошибки индекса круга.

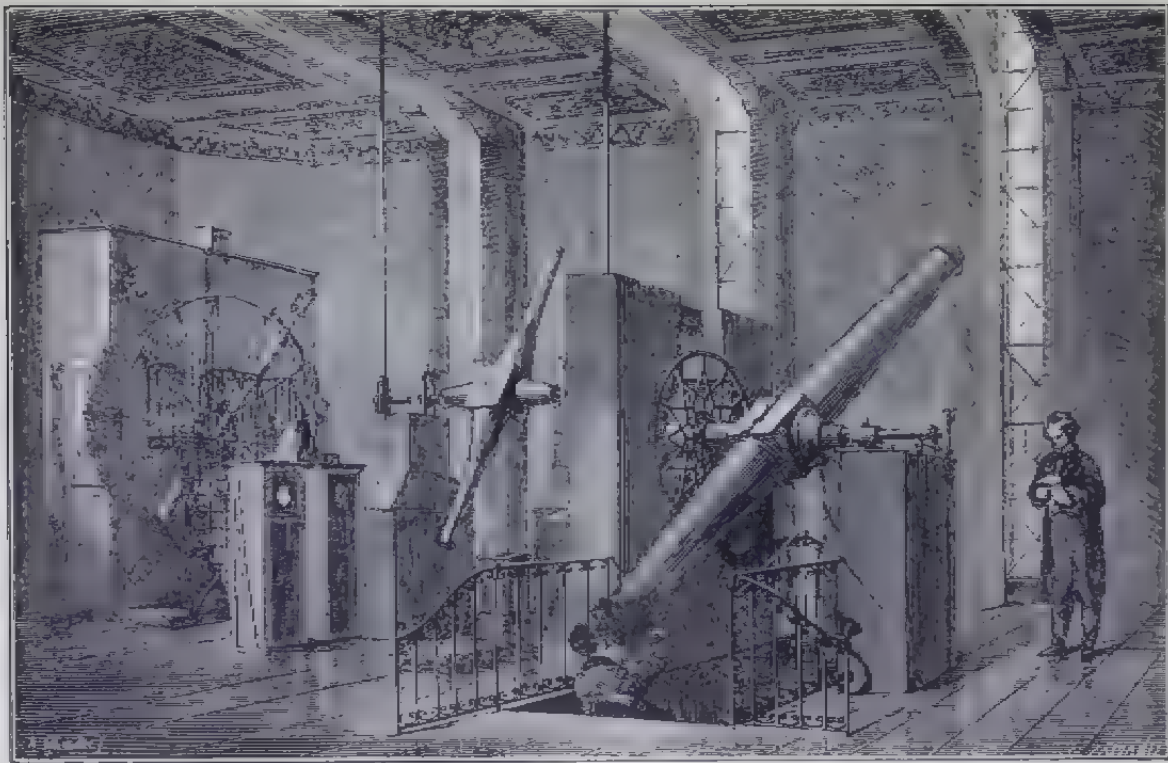
Если бы точка нуля на кругѣ была поставлена мастеромъ какъ-разъ въ той точкѣ оруженности, которая соотвѣтствуетъ горизонту, когда кругъ установленъ между столбами, т.-е. если бы днаметръ его, проходящнй черезъ точки  $0^{\circ}$  и  $180^{\circ}$ , лежалъ въ горизонтѣ, а следовательно днаметръ, проходящнй черезъ  $90^{\circ}$  и  $270^{\circ}$ , былъ бы перпендикуляренъ къ горизонту, то достаточно было бы навести горизонтальную нить зрительной трубы на проходящую черезъ меридианъ звѣзду и отсчитывать верньеры круга, чтобы тотчасъ же получить истинную высоту звѣзды въ меридианѣ. Но мастеръ этого сдѣлать не можетъ; точку нуля нужно выбрать произвольно, и затѣмъ уже самому наблюдателю предоставляется опредѣлить, насколько она ошибочна. Эту ошибку называютъ обыкновенно ошибкой индекса инструмента, такъ что, напримѣръ, если истинная горизонтальная точка круга упадетъ не на  $0^{\circ}$ , а на  $0^{\circ} 20' 30''$ , то ошибка индекса его будетъ равна этой дугѣ, а потому отъ каждой высоты, измѣренной инструментомъ, нужно отнять эту постоянную ошибку, чтобы получать истинную высоту.

Простѣйшимъ средствомъ для опредѣленнй ошибки индекса являются упомянутые въ § 10 искусственныя горизонты, т.-е. строго горизонтальныя зеркальныя поверхности. Лучше всего пригодны для этого сосуды, наполненные ртутью, отражательная поверхность которой по своей природѣ горизонтальна.

Въ самомъ дѣлѣ, если сначала непосредственно пронаблюдать свѣтло въ моментъ его кульминацн, обыкновеннымъ способомъ наводя на него трубу, а затѣмъ пронаблюдать его въ зеркальной поверхности ртутнаго горизонта, направивъ трубу на отраженн свѣтла въ этой поверхности, то труба пройдетъ по раздѣленному лимбу круга дугу, равную удвоенной высотѣ свѣтла надъ горизонтомъ наблюдателя. Середина этой дуги будетъ истинной точкой нуля на кругѣ, такъ какъ, по известному закону оптики, въ плоскихъ зеркалахъ изображенн предмета лежитъ на такомъ же разстоянн за отражающей поверхностью (въ данномъ случаѣ подъ горизонтомъ), на какомъ самый предметъ находится передъ этой поверхностью (въ данномъ случаѣ надъ горизонтомъ). Поэтому если мы найдемъ, что непосредственно измѣренная высота звѣзды равна  $102^{\circ}$ , а отраженная  $48^{\circ}$ , то истинная высота ея будетъ равна полуразности этихъ чиселъ, т.-е.  $27^{\circ}$ , а ошибка индекса—полусуммѣ ихъ, или  $75^{\circ}$ , такъ что отъ каждой непосредственно измѣренной эгнн инструментомъ высоты нужно отнять  $75^{\circ}$ , чтобы получить истинную высоту свѣтла.

Еще проще, однако, можно найти точку надира, засѣкая совпадѣнн изображенн свѣтъ нитей, находящейся въ зрительной трубѣ меридианнаго круга, отраженное въ ртутномъ горизонтѣ, помѣщенномъ подъ трубою, съ непосредственно видимой свѣткой. Отсчетъ, сдѣланный въ этомъ положенн инструмента, очевидно, будетъ соотвѣтствовать точкѣ надира, которую, такимъ образомъ, можно опредѣлить безъ помощи звѣзды.

Ошибку индекса можно опредѣлять и не прибѣгая къ помощи ртутнаго горизонта, если два раза непосредственно пронаблюдать звѣзду при различныхъ положеннхъ круга. Положимъ, что въ первомъ положенн инструмента, когда кругъ *ми* (рис. 296) былъ обращенъ, напримѣръ, къ востоку или къ восточному столбу *P*, на кругѣ получился отсчетъ  $40^{\circ}13'10''$ .



Большой меридианный зал Парижской обсерватории.

Вынувъ инструментъ изъ лагерей *A* и *B*, устанавливаютъ его въ обратномъ положеніи такъ, чтобы кругъ *m* пришелся около западнаго столба *Q*, и снова наводятъ нить зрительной трубы на ту же звѣзду; положимъ, что полученный отсчетъ будетъ  $44^{\circ} 32' 20''$ . Не трудно видѣть, что между этими двумя наблюденіями зрительная труба повернулась на дугу, равную удвоенному зенитному разстоянію свѣтила, а следовательно среднее изъ этихъ чиселъ,  $42^{\circ} 22' 45''$ , дастъ намъ истинное зенитное разстояніе звѣзды, а поделенность ихъ  $2^{\circ} 9' 35''$  — ошибку индекса. При вѣдахъ наблюденіяхъ, сдѣланныхъ, когда кругъ обращенъ къ востоку, эту ошибку нужно прибавлять къ полученному отсчету, а когда кругъ обращенъ къ западу, вычитать, чтобы получить истинное зенитное разстояніе свѣтила.

Такъ какъ при обоихъ наблюденіяхъ звѣзда должна занимать одно и то же мѣсто на небѣ, т.-е. должна находиться въ меридіанѣ, и такъ какъ каждая звѣзда, рѣдкое исключеніе сучащато движенія небеснаго свода находится въ меридіанѣ только въ теченіе одного мновенія, то наблюденія эти приходится производить въ два различные дня въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ. Но если достаточно быстро переложить инструментъ такъ, чтобы звѣзда при обоихъ положеніяхъ круга были видны въ зрительную трубу (для этого нужно избрать медленно движущуюся полярную звѣзду), то можно сдѣлать оба наблюденія въ одинъ день и даже въ нѣсколько минутъ. Правда, въ этомъ случаѣ звѣзда оба раза наблюдается не въ меридіанѣ, а вѣсь его, такъ что и высоты ея будутъ различны, но такъ какъ въблизи меридіана высота близкихъ къ полюсу звѣздъ мѣняется очень медленно, то это измѣненіе высоты въ промежуткѣ между двумя наблюденіями можно легко и скоро вычислить и принять во вниманіе при выводѣ результата.

Однако, вмѣсто точки зенита предпочитаютъ опредѣлять точку полюса на кругѣ, т.-е. ту точку, которая соответствуетъ полюсу небеснаго экватора, чтобы можно было относить наблюденія звѣздъ непосредственно къ этой точкѣ и получать такимъ образомъ сразу ихъ полярное разстояніе (введ., § 9); эту точку на кругѣ проще всего можно найти, наблюдая околополярныя звѣзды въ обоихъ кульминаціяхъ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть *h* и *h'* будутъ отсчеты, соответствующіе верхней и нижней кульминаціи; тогда отсчетъ круга, соответствующій точкѣ полюса, или точка полюса на инструментѣ будетъ равна полусуммѣ этихъ отсчетовъ, т.-е.  $\frac{1}{2} (h + h')$ , причемъ величины *h* и *h'* должны быть исправлены за рефракцію.

Впрочемъ, если мы знаемъ на кругѣ точку горизонта (выше мы указывали, какъ опредѣлить ее), то будемъ знать и точку полюса, такъ какъ разстояніе этихъ точекъ другъ отъ друга равно соответствующей высотѣ полюса.

§ 29. **Историческія замѣчанія о меридіанномъ кругѣ.** Несмотря на очевидныя и всѣми съ самаго начала признанныя преимущества предложенныхъ Ремеромъ полныхъ круговъ передъ квадрантами, почти до начала XIX столѣтія наблюденія зенитныхъ разстояній звѣздъ производились преимущественно съ помощью квадрантовъ и подобными имъ инструментами, снабженными секторами, охватывающими только незначительную часть окружности, потому что мастера, какъ было уже упомянуто, долгое время не умѣли готовить полныхъ круговъ съ той точностью, которой нужна была наблюдателямъ.

Первые совершенные полные круги значительныхъ размѣровъ были приготовлены Рамседеномъ; однако, сначала они были примѣнены къ инструментамъ, которые могутъ быть установлены не только въ меридіанѣ, но и въ любомъ вертикаль, и которые служатъ для измѣренія не только высотъ, но и азимутовъ. Мы возвратимся къ этимъ инструментамъ впоследствии (§ 30), а пока ограничимся замѣчаніемъ, что они временно совершенно вытѣснили постоянные меридіанные инструменты благодаря тому, что къ нимъ раньше были примѣнены полные круги, и въ свое время сослужили большую службу. Такъ, напримѣръ, Платони всѣ наблюденія для своей знаменитой *Storia celeste* производилъ съ рамседеновскимъ полнымъ кругомъ.



Въ 1812 г. Трауготъ окончилъ первой такъ называемый сѣвннй кругъ (сигналъ circle), который былъ установленъ въ триинической обсерватори; по образцу его было впоследствии построено много инструментовъ въ Англии и Франци, и въ истории наблюдательной астрономии онъ сдѣлалъ эпоху. Этотъ установленный въ меридианъ кругъ, какъ и сѣвннне квадранты, обратной стороной прилегалъ къ голетому кирпичному столбу, къ которому прикрѣплялись верньеры или микроскопы, служившие для отсчетовъ на кругѣ. Хотя такой кругъ отличается необычайно прочной установкой, но его нельзя перевертывать, между тѣмъ какъ меридианные круги перевертываются очень легко, что представляетъ значительныя удобства для опредѣленія многихъ поправокъ этихъ инструментовъ, которые для англнскихъ сѣвннныхъ круговъ старались опредѣлять при помощи искусственнаго горизонта и коллиматоровъ. Кроме того, прикрѣпленный къ сѣвнн кругъ могъ нести и тяжесть и т. под. Високопствн въ Англии также вошли въ употребленіе меридианные круги, но имъ придали нѣсколько измѣненную форму, изображенную на рис. 297. Здѣсь

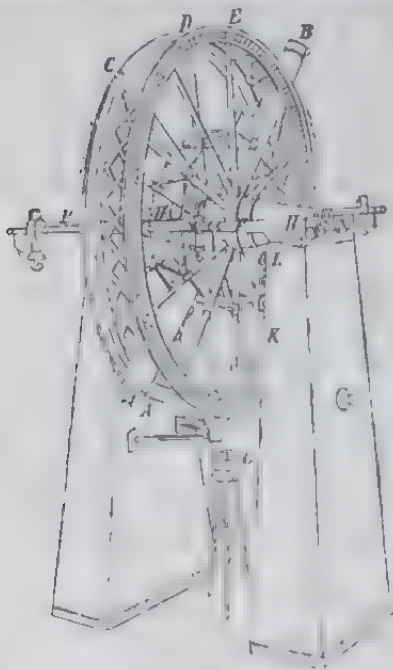
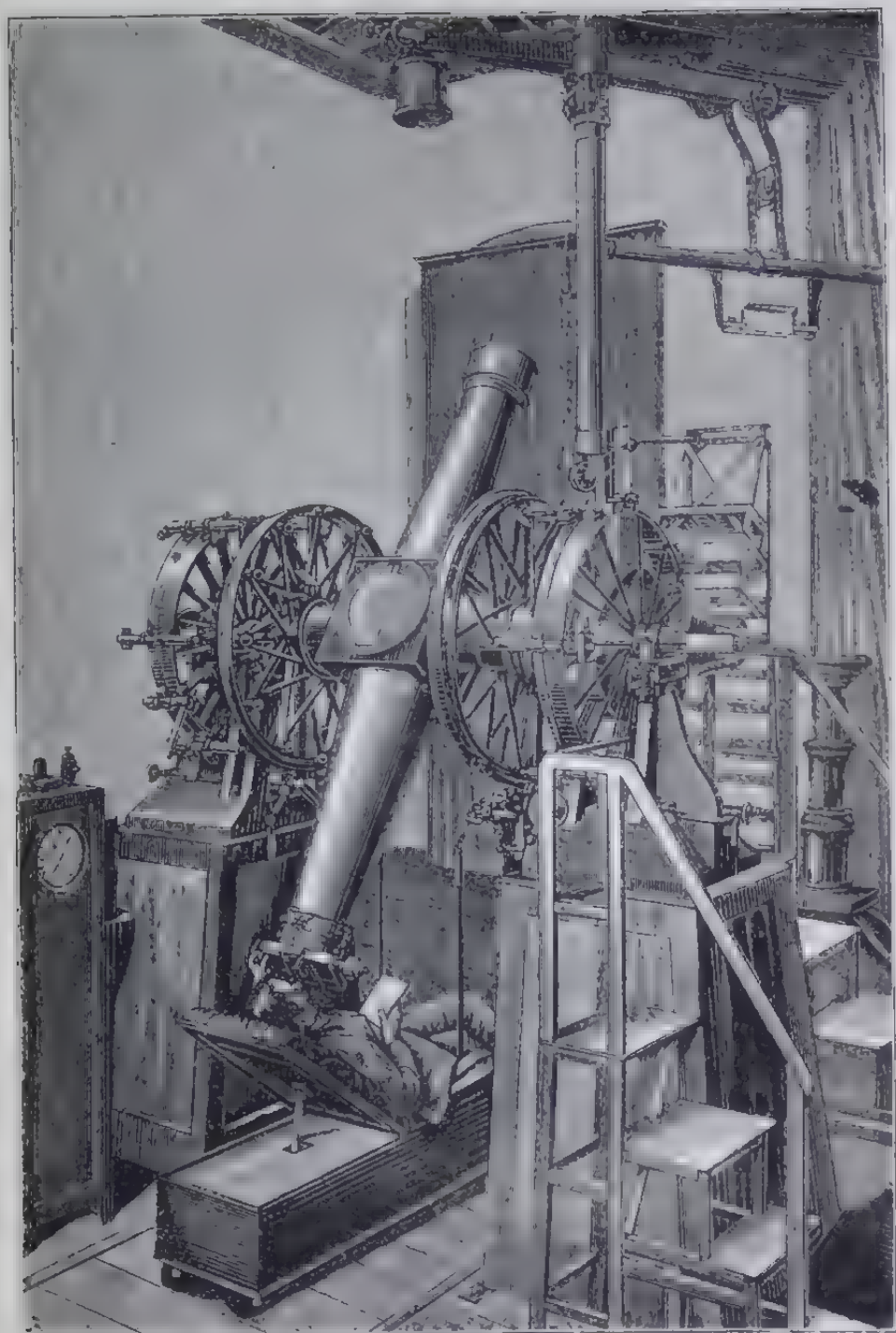


Рис. 297.

зрительная труба *АВ* укрѣпляется между двумя параллельными, соединенными между собою кругами *Д* и *Е*. На каждый изъ этихъ круговъ нанесены дѣленія; круги, вмѣстѣ съ зрительной трубой, вращаются вокругъ горизонтальной оси *НН*. Уголъ поворота отсчитывается при помощи четырехъ микроскоповъ *FF*, прикрѣпленныхъ къ обоямъ каменнымъ столбамъ, на которыхъ покоится весь инструментъ. Къ серединѣ оси *НН* прикрѣпляется перпендикулярная къ зрительной трубѣ трубка *СС*; въ ней находится отвѣсъ, грузъ котораго, при горизонтальномъ положеніи зрительной трубы, погружается въ наполненный водою сосудъ *Г*, что уменьшаетъ его колебанія отъ движенія воздуха и т. п. Уменьшеніе тренія достигается при помощи роликовъ *Л*, лежащихъ на пружинныхъ подставкахъ, заключенныхъ въ прочныхъ футлярахъ *К* и прикрѣпленныхъ къ столбамъ; этимъ ослабляется давленіе оси *НН* на лагера. Но какъ эти инструменты, такъ и вышеупомянутые полные круги, несмотря на всѣ улучшенія, сдѣланныя въ нихъ съ

теплымъ временемъ, не могли получить широкаго распространенія съ тѣхъ поръ, пока не сдѣланы извѣстными рейхенбаховскіе круги.

Рейсольдъ и гдѣсь Инсторъ и Мартинсъ, не измѣняя существенно конструкции рейхенбаховскихъ меридианныхъ круговъ, ввели въ нихъ многочисленныя усовершенствованія, имѣвшія главною цѣлю сдѣлать инструментъ по возможности симметричнымъ во всѣхъ его частяхъ, чтобы съ измѣненіемъ сама собой проводящія въ инструментъ подъ вліяніемъ колебаній температуры и т. д., по возможности равномерно дѣйствовали на всѣ его части, и чтобы происходяща отъ этого возмущенія по возможности компенсировались. Для этого на концѣ оси *В* (рис. 296) былъ помѣщенъ кругъ, совершенно равный тому, который выходитъ на концѣ *А*; у большинства инструментовъ этого рода онъ отличается отъ послѣдняго лишь тѣмъ, что, для уменьшенія стоимости, бываеетъ раздѣленъ только грубо, имъ пользуются для установки, чтобы собрать точно раздѣленный кругъ. Такъ какъ, благодаря этому, всѣхъ обоямъ концовъ оси совершенно одинаковы, то инструментъ гораздо легче уравновѣсить, потому что съ каждой стороны необходимо устроить только по одному противовѣсу, причемъ одинаковаго вѣса, что зна-



Меридіанний кругъ обсерваторіи въ Безансонѣ.

чительно облегчает перекладку инструмента, уменьшая тяжесть противовѣсовъ, которая въ большихъ инструментахъ бываетъ очень значительна. Эти и другія, менѣе важныя измѣненія можно видѣть на приложенномъ рис. 298, изображающемъ меридианный кругъ, построенный Исторомъ и Мартиномъ для обсерватории Санъ-Яго-де-Чили. Замѣнимъ только, что тѣлѣжка *A* служитъ для перекладки инструмента, и что грузы *C, C'* представляютъ также родъ противовѣсовъ, уменьшающихъ весь инструментъ, когда онъ, вынутый при помощи рукоятки *D* изъ дуги, опирается на вилки *EE*, и облегчаютъ поднятiе или опусканiе этихъ вилокъ. Само собой разумеется, что прежде, чѣмъ перекладывать инструментъ, т.-е. прежде, чѣмъ выдвинуть подъ него тѣлѣжку *A*, нужно отцѣпить уровень.

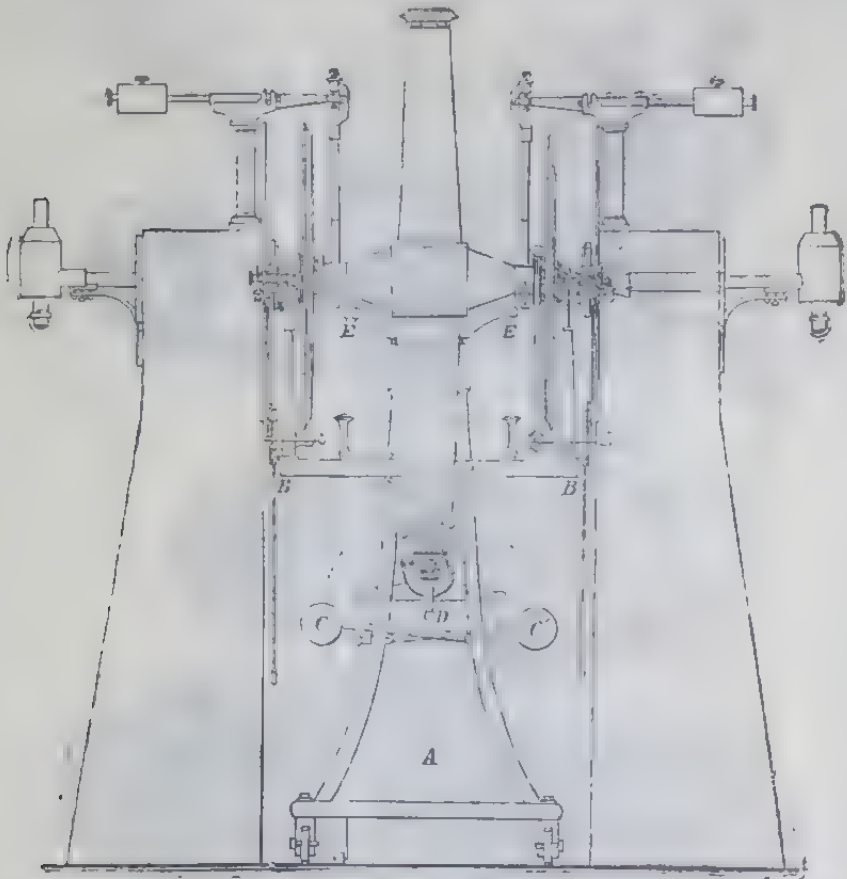


Рис. 298.

Въ наше время, кромѣ того, въ меридианныхъ кругахъ дѣлаютъ еще одно болѣе существенное измѣненiе, представляемое на прилагаемой при семь таблицахъ. Это измѣненiе было когда-то сдѣлано Репсольдомъ для страсбургскаго меридианнаго круга. Идея, лежащая въ его основѣ, слѣдующая.

Въ прежнихъ меридианныхъ кругахъ часть круга закрывалась каменнымъ столбомъ, масса котораго очень значительна, а потому лучшее усилеиіе ея было совсѣмъ другое, чѣмъ остальной части круга; въдѣствие этого, конечно, температура различныхъ частей круга была неодинакова, и это причинило натяженіе круга. Чтобы избѣжить этого, ось заставляютъ опираться не на каменные столбы, а на толстыя желѣзныя дуги, къ которымъ, концентрично съ кругами, прикрѣпляютъ круги съ микроскопами, такъ что прогибъ раздѣленныхъ круговъ стоятъ не сплошныя каменные мѣсы, а сквозныя металлическія, которыя также быстро воспринимаютъ измѣненія температуры, какъ и сами круги.

Это преобразование было предложено Винлокомъ, который въ концѣ шестидесятихъ годовъ заказалъ Траутону и Симсу меридианный кругъ такой конструкции для обсерватории Гарвардскаго Коллежа въ Камбриджъ (Соед. Штаты). Скоро по образцу этого инструмента были построены меридианные круги для обсерватории въ Камбриджъ (Англія) и Польш. Въ этихъ меридианныхъ кругахъ (если мы не ошибаемся, и въ страасбургскомъ) каждый изъ раздѣленныхъ круговъ, вмѣстѣ съ кругами, къ которымъ прикрѣплены микроскопы, окруженъ, кромѣ того, стеклянныиъ ящикомъ, изъ котораго выступаютъ только окуляры микроскоповъ, чтобы защитить круги отъ всякихъ движеній воздуха и отъ нагреванія, производимаго наблюдателемъ во время отсчетовъ, словомъ, отъ всего, что могло бы вызвать натяженіе и т. под.

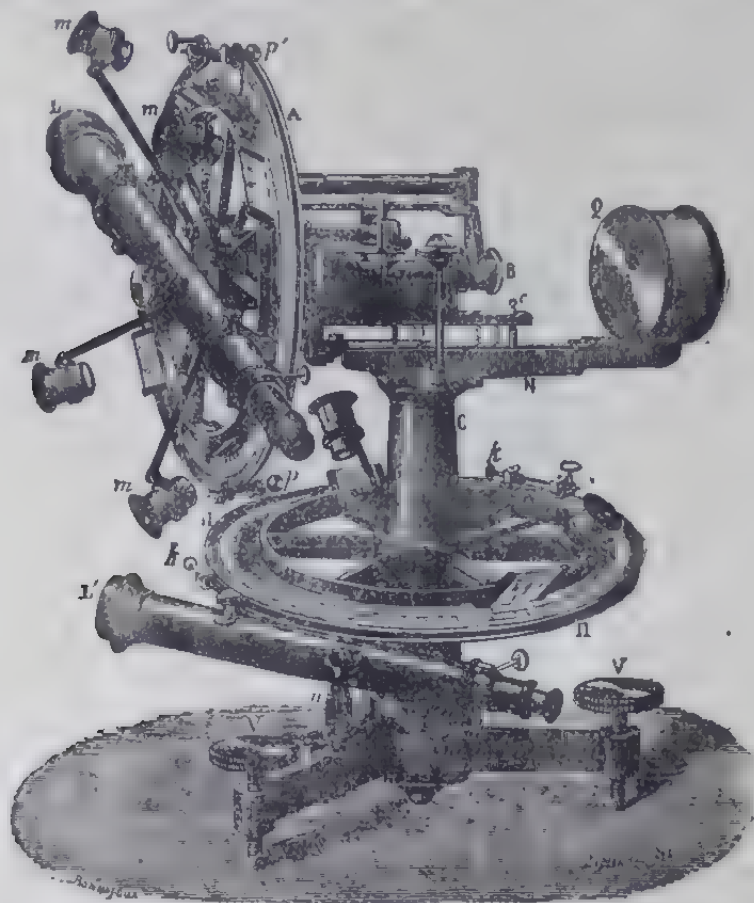


Рис. 299.

§ 30. **Универсальный инструментъ.** Изъ предыдущаго видно, что меридианные круги, какъ показываетъ и само ихъ названіе, предназначаются исключительно для наблюдений въ плоскости меридіана. Между тѣмъ, нередко приходится наблюдать также и внѣ меридіана, и тогда этими инструментами пользоваться нельзя. Проблѣмъ этотъ пооднаняется двумя другими инструментами: универсальнымъ инструментомъ и экваторіаломъ; первыиъ изъ нихъ наблюдаютъ преимущественно геодезисты, вторыиъ исключительно астрономы. Последній мы подробно разсмотримъ ниже (§§ 33—37); о первомъ же скажемъ здѣсь только нѣсколько словъ, чтобы дать понятіе о немъ.

Универсальнымъ инструментомъ называется инструментъ, снабженный мелко-раздѣленнымъ горизонтальнымъ кругомъ и такимъ же кругомъ высотъ; имъ можно, слѣдовательно, наблюдать одновременно и азимутъ, и высоту свѣтила.

Общій видъ этого инструмента и расположеніе отдѣльныхъ частей его легко можно видѣть изъ рис. 299.

Первые инструмента этого рода уже въ концѣ XVIII столѣтія изготовлялись англійскими мастерами подъ именемъ «Reversible Circle» или «Altazimuth» и отличались такимъ совершенствомъ, что во многихъ обсерваторіяхъ ими пользовались вмѣсто стѣнныхъ квадрантовъ; ихъ и теперь еще употребляютъ въ Англійи для некоторыхъ наблюдений. На рис. 300 изображенъ такой альтазимуть небольшихъ размѣровъ работы Траутмана и Симса; этотъ рисунокъ особыхъ поясненій не требуетъ.

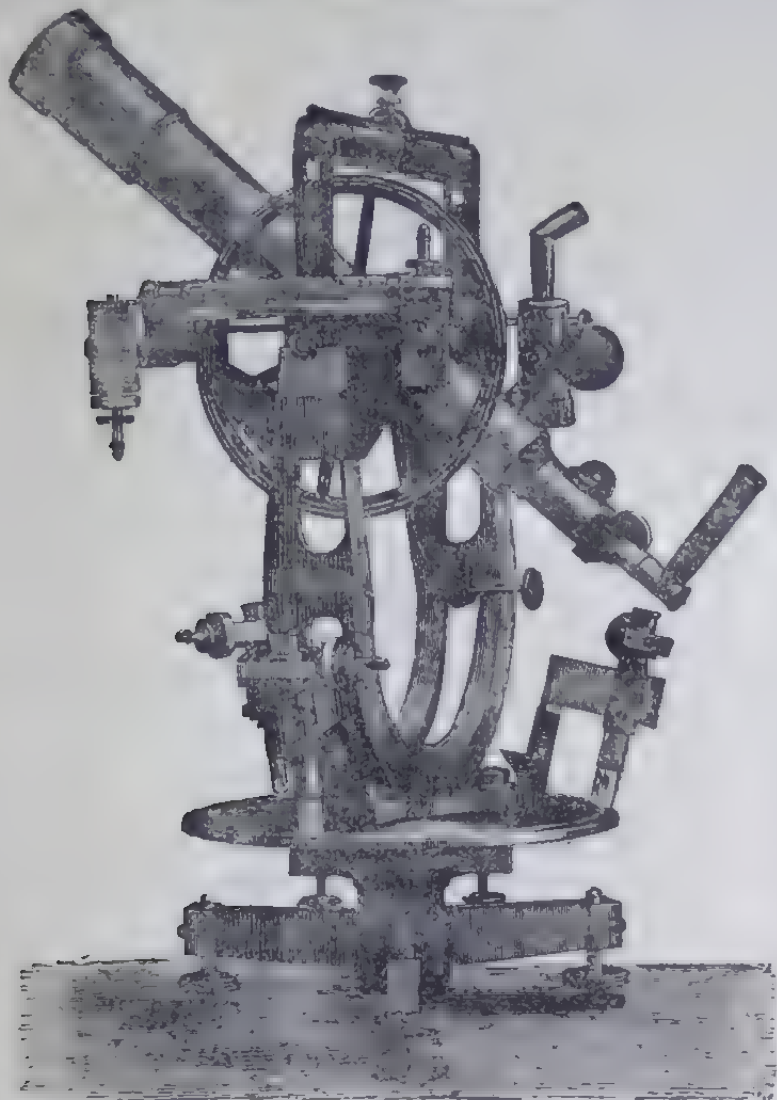


Рис. 300

Въ Германіи впервые такого рода инструмента были построены Рейхенбахомъ, который далъ имъ названіе универсальныхъ инструментовъ, вполнѣтвѣтіи сокращенное въ универсалъ—названіе не совсемъ удачное, такъ какъ хотя съ этими инструментами можно производить и очень многія, но все же не всѣ необходимыя для астрономовъ наблюденія.

Переходя къ общему описанію универсального инструмента, замѣтимъ прежде всего, что каждая изъ трехъ ножекъ подставки (рис. 299) на концѣ расщепляется, и въ рас-

пелины входят подъемные винты  $V$ ; сближая расщепленные половинки при помощи особых боковых винтов, можно сжать подъемные винты и таким образом неподвижно установить их въ требуемомъ положеніи. Подъемные винты снизу оканчиваются коническими стальными острями, входящими въ такіе же коническія углубленія толстыхъ металлическихъ пластинокъ, на рисункѣ не изображенныхъ; каждая изъ этихъ пластинокъ съ нижней стороны снабжена тремя короткими стальными коническими острями, съ помощью которыхъ она неподвижно опирается на столъ, поддерживающій весь инструментъ.

Въ полочѣ цилиндра ( $C$ ) свободно движется вертикальная ось вращенія универсальнаго инструмента. Существенную часть инструмента составляетъ горизонтальный кругъ  $III$ . Этотъ горизонтальный кругъ состоитъ изъ двойной пластинки, къ одной изъ нихъ прикрѣплены верньеры или микроскопы, и эта пластинка неподвижно связана съ осью инструмента и вращается вмѣстѣ съ нею. Другая пластинка, раздѣленная по окружности на градусы и минуты, несомнѣнно связана съ подставкой инструмента. Обѣ эти круглыя пластинки можно прижать другъ къ другу зажимнымъ винтомъ, послѣ чего верньеры или микроскопы можно передвигать въ небольшихъ предѣлахъ при помощи винтовъ  $k$  съ мелкой нарезкой (микрометрическихъ винтовъ).

Къ вертикальной оси сверху прикрѣплена горизонтальная ось вращенія инструмента, къ оси съ одного конца прикрѣплены перпендикулярные къ ней вертикальный кругъ  $A$  и зрительная труба  $L$ . Съ другой стороны горизонтальной оси находится противовѣсъ  $Q$ . Вертикальный кругъ также снабженъ нѣмцами или микроскопами. Иногда универсальные инструмента снабжаются согнутыми подъ прямымъ угломъ зрительными трубами, совершенно подобно тому, какъ это было описано выше, когда рѣчь шла о переносномъ плазжкомъ инструментѣ. При такомъ устройствѣ труба, какъ бы высоко или низко ни стояло зрѣлище, глазъ наблюдателя всегда увидитъ его по горизонтальному направленію, что весьма удобно для наблюдений. Далѣе въ универсальномъ инструментѣ вмѣстѣ также приспособленіе для освѣщенія нитей во время ночныхъ наблюдений.

Для того, чтобы зрительная труба въ любомъ положеніи оставалась въ равновѣсїи и не наклонялась, въ дѣствіе перевѣшивавшаго окулярной части, она хорошо уравновѣшена при помощи системы противовѣсовъ. Наконецъ, кругъ высоты  $A$  можно неподвижно установить въ какомъ угодно положеніи при помощи особаго зажимнаго винта. Для того же, чтобы можно было потомъ сообщить оси вмѣстѣ съ трубою небольшія движенія и повести такимъ образомъ, нить зрительной трубы какъ-разъ на зѣвизу, служатъ микрометричныя винты  $p$  или  $p'$ . Если инструментъ снабженъ нѣмцами, то отсчеты производятся при помощи дуги  $m$ . Наконецъ важную часть универсальнаго инструмента представляетъ подвижная зрительная труба  $L$ . Эта труба во время наблюдений приводится на какую-нибудь неподвижную точку земнаго предмета, и, смотря время-отъ-времени въ нее, можно судить о томъ, не измѣнились ли своего положенія инструментъ во время производствъ наблюдений.

И въ универсальные инструмента послѣ Рейхенбаха пѣмецкіе мастера Эртель, Репольдъ, Инсторъ и Мартинсъ, Брейтгауиъ и др. внесли важныя улучшенія и преобразованія, имѣвшія главной цѣлью облегчить работу съ инструментомъ и повѣрку его.

§ 31. **Повѣрка универсальнаго инструмента.** Прежде всего нужно позаботиться о томъ, чтобы одна ось инструмента была горизонтальна, а другая вертикальна. Посмотримъ, какъ можно выполнить эти требованія.

Сначала устанавливають вертикальную ось вращенія перпендикулярно къ горизонту, для этого пользуются уровнемъ, ножки котораго ставятся на цилиндрические концы горизонтальной оси. Этотъ уровень виденъ на рис. 299, одна его ножка упирается въ горизонтальную ось въ  $B$ . При этомъ горизонтальную ось устанавливають такъ, чтобы она была параллельна линіи, проходящей черезъ два винта  $V$ , и затѣмъ, переворачивая нѣсколько разъ кругъ  $III$  на  $180^\circ$  вращивать или вывѣивать одну изъ узловъ

нутых винтов и продолжают эту операцию до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ инструмента середина пузырька будетъ стоять на одномъ и томъ же дѣленіи. Пусть, напри- мѣръ, въ первомъ положеніи инструмента середина пузырька стоитъ на дѣленіи 12, а при второмъ на 20; тогда передвигаютъ одинъ изъ винтовъ такъ, чтобы середина пузырька остановилась на дѣленіи 16, т.-е. на среднемъ изъ двухъ отсчетовъ. Когда это сдѣлано, горизонтальной оси придаютъ направленіе, перпендикулярное къ первоначальному, послѣ чего, дѣйствуя исключительно третьимъ подъемнымъ винтомъ, снова устанавливаютъ сере- дину пузырька на дѣленіи 16. Тогда при всякомъ положеніи оси уровень будетъ показы- вать одно и то же дѣленіе; следовательно, ось *CD* (рис. 299) будетъ вполне вертикальна, а кругъ *HH*, который мастеръ выточиваетъ вмѣстѣ съ осью на токарномъ станкѣ такъ, чтобы они были перпендикулярны другъ къ другу, строго горизонтальны, и первое условіе будетъ выполнено.

Но можетъ случиться, что другая ось инструмента составляетъ съ осью *CD* нѣко- торый уголъ, отличный отъ прямого, такъ что эта ось не будетъ горизонтальна, и тогда останется невыполненнымъ второе условіе, необходимое для того, чтобы инструментъ былъ годенъ для наблюдений. Чтобы удовлетворить и этому требованію, оставляя въ покоѣ кругъ *HH*, ставятъ уровень на концы горизонтальной оси сначала въ одномъ, потомъ въ другомъ положеніи, противоположномъ первому, такъ, чтобы одна и та же точка уровня сна- чала была повернута къ противоположу *Q*, потомъ къ трубѣ *L*. Если пузырекъ въ этихъ двухъ положеніяхъ не стоитъ на одномъ и томъ же дѣленіи, то при помощи особыхъ назначен- ныхъ для этого винтовъ мѣняютъ уголъ между двумя осями инструмента и устанавливаютъ пузырекъ посрединѣ между замѣченными дѣленіями; этотъ приемъ повторяютъ до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ показаніе уровня не будетъ одно и то же, т.-е. пока гори- зонтальная ось не сдѣлается параллельной кругу *HH*, а кругъ *L* не приметъ положенія, перпендикулярнаго къ горизонту.

Наконецъ, нужно еще установить оптическую ось зрительной трубы параллельно кругу *A* или, собственно говоря, установить главную вертикальную нить такъ, чтобы она пересѣкалась съ оптической осью, параллельной плоскости круга. Для этого сначала, мед- ленно передвигая трубу по вертикальному направленію, заставляютъ скользить нить вдоль какого-нибудь земного предмета съ рѣзкими очертаніями и помощью специально для этого предназначеннаго винта до тѣхъ поръ поворачиваютъ нить (вокругъ ея середины), пока не окажется, что при передвиженіи трубы положеніе нити относительно нѣкоторой определенной точки предмета будетъ оставаться неизмѣннымъ. Тогда горизонтальную ось вмѣстѣ съ трубою и кругомъ выносятъ изъ лагеровъ и, перевернувъ ее такъ, чтобы правый конецъ оси оказался налѣво и наоборотъ, снова вкладываютъ въ лагера. Затѣмъ трубу снова наводятъ на земной предметъ, и если нить отклонится отъ него, то половину ошибки исправляютъ при помощи особаго винта, который передвигаетъ сѣтку нитей въ горизонтальномъ направленіи.

Когда все это сдѣлано, остается опредѣлить только ошибки индексныхъ круговъ.

Ошибку индекса круга высотъ находятъ такъ же, какъ и для меридианнаго круга (§ 28), т.-е. наводятъ горизонтальную нить на какой-нибудь земной предметъ, затѣмъ по- ворачиваютъ весь инструментъ на 180° и снова наблюдаютъ на тотъ же предметъ. Полу- разность полученныхъ отсчетовъ дастъ величине разстояніе или высоту предмета, смотря по тому, въ какомъ порядкѣ идутъ дѣленія на кругѣ, а полусумма — ошибку индекса на кругѣ.

Если при помощи горизонтальнаго круга хотѣтъ измѣрять только горизонтальные углы, то въ ориентировкѣ его не встрѣчается необходимости, такъ какъ эти углы опредѣ- ляются изъ разности двухъ отсчетовъ круга, и положеніе точки нуля не играетъ здѣсь никакой роли. Но если приходится опредѣлять азимутъ даннаго направленія, что очень важно для опредѣленія географическаго положенія мѣста, то необходимо знать ошибку

индекса также на горизонтальном кругѣ, т.-е. положеніе точки нуля этого круга относительно меридіана. Проще всего можно определить эту ошибку, приводя Полярную звѣзду, которая благодаря своему медленному движению наиболее удобна для этой цѣли, на вертикальную нить и замѣчая соответствующее время. Для данного времени наблюденія можно определить азимуть звѣзды, предполагая, что положеніе ея и высота полюса мѣста наблюденія известны. Сравнивая этотъ азимуть съ отсчетомъ круга, непосредственно получимъ ошибку индекса.

§ 32. **Теодолитъ. Вертикальный кругъ.** Изъ предыдущаго очевидно, что универсальный инструментъ, какъ и меридианный кругъ, собственно, представляетъ собою сочетаніе двухъ инструментовъ, изъ которыхъ **однимъ** можно измѣрять горизонтальные углы, а другимъ—высоты или зенитныя разстоянія. Въ томъ случаѣ, если инструментъ предназначается исключительно для геодезическихъ цѣлей, т.-е. для измѣренія угловъ **въ горизонтѣ**, мелко раздѣленный кругъ высотъ можно замѣнить просто кругомъ для установки, и тогда конструкция той части, которая предназначается для измѣренія высотъ, значительно упрощается, благодаря чему и весь инструментъ становится менѣ сложнымъ и дешевле стоитъ. Такой инструментъ, предназначенный специально для измѣренія горизонтальныхъ угловъ, называютъ обыкновенно теодолитомъ.

Съ другой стороны, можетъ понадобиться—именно, при астрономическихъ изысканіяхъ—наблюдать исключительно выгоды свѣтила. Въ этомъ случаѣ, наоборотъ, не нуженъ точно раздѣленный кругъ азимутовъ, и потому его можно отбросить со всеми относящимися къ нему приспособленіями; такимъ образомъ, получается такъ называемый вертикальный кругъ, изображенный на прилагаемомъ рис. 301.

Мы не будемъ говорить о погрѣбкахъ теодолита и вертикального круга, такъ какъ все, относящееся къ этому вопросу, было уже сказано при описаніи универсального инструмента, и желающимъ остается только обратиться къ § 31. О вертикальномъ кругѣ скажемъ только, что въ томъ случаѣ, когда онъ не снабженъ согнутой трубкой, очень затруднительно или даже совершенно невозможно наблюдать звѣзды, находящіяся близко къ зениту, потому что тогда зрительная труба принимаетъ вертикальное направленіе  $FQ$  (рис. 301). Поэтому въ окулярѣ устраивается то же приспособленіе, о которомъ говорилось при описаніи ломаной трубки (§ 24), а именно, внутри окуляра при  $C$  помѣщается маленькое плоское зеркало, плоскость котораго составляетъ съ оптической осью  $CD$  трубы уголъ въ  $45^\circ$ , такъ что трубка окуляра  $O$  должна быть установлена перпендикулярно къ этой оси  $CD$ , чтобы лучи, идущіе отъ свѣтила по направленію  $CD$ , могли попасть въ глазъ наблюдателя (см. также рис. 300). Такимъ образомъ, окуляру придается положеніе, весьма удобное для наблюденій. Далѣе, чтобы давленіе круга и зрительной трубы на ось  $AB$  (рис. 301) не было одностороннимъ, а также чтобы уменьшить треніе этой оси объ ея втулку, на другомъ концѣ оси, при  $B$ , находится противовѣсъ, наполненный свинцомъ, и такой же противовѣсъ помѣщается при  $H$ ; устройство этого послѣдняго такое же, какъ и устройство противовѣсовъ у меридианнаго круга. Наконецъ, посрединѣ трубы продѣлано снабженное заслонкой отверстіе  $A$ , черезъ которое свѣтъ лампы можетъ проникнуть по внутренности трубы, а отсюда, отразившись отъ маленькаго зеркала, попасть въ окуляръ и освѣтить нити.

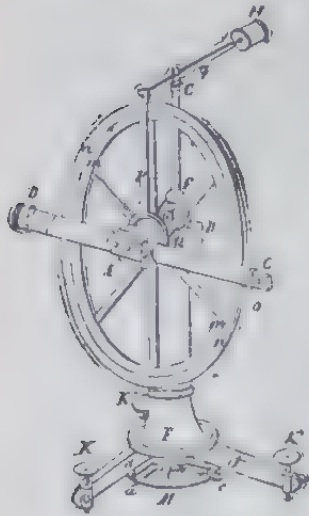


Рис 301.

Замѣтимъ еще, что теодолиту, повидимому, слѣдуетъ приписать англійское происхожденіе, такъ какъ подобные ему инструменты уже въ XVI столѣтіи описывались въ



английскихъ геометрическихъ сочиненіяхъ. Названіе его истолковываютъ различно. По Моргану, названіе это образовалось изъ испорченнаго арабскаго слова *al' idada* (подвижной дюметръ, при помощи котораго отсчитывались дѣленія на кругѣ), которое сначала было преобразовано въ *alydeday*, потомъ въ *athelida*, затѣмъ перешло въ *athelidated circle* и, наконецъ, въ *theodolidet circle*. Но вмѣсто всей этой этимологической эквилибристики гораздо естественнѣе предположить, следуя Вейгауду, что названіе это образовалось просто отъ присоединенія къ вышеупомянутому слову *alidada* или *alidade* англійскаго члена *the*.

§ 33. Экваторіаль. Если вертикальный кругъ, описанный въ предыдущемъ параграфѣ (рис. 301), установить такимъ образомъ, чтобы вертикальная или перпендикулярная къ плоскости горизонта ось вращенія *EF* приняла положеніе, перпендикулярное къ плоскости экватора, т.-е. составляла съ горизонтомъ уголъ, равный высотѣ полюса, и чтобы она, кромѣ того, лежала въ плоскости меридіана, т.-е. была параллельна оси міра, то мы будемъ имѣть передъ собою инструментъ, называемый экваторіаломъ. Такой экваторіаль изображенъ на рис. 302; онъ снабженъ штативомъ, очень удобнымъ для трубы среднихъ размѣровъ (діаметръ отверстія отъ 10 до 20 сантиметровъ или отъ 4 до 8 дюймовъ); штативъ сдѣланъ Плосселемъ; конструкция, въ общихъ чертахъ, принадлежитъ Рейхенбаху, но Плоссель ввелъ въ нее много важныхъ измѣненій, изъ которыхъ мы упомянемъ только объ одномъ, состоящемъ въ томъ, что инструментъ имѣетъ не 5 точекъ опоры, какъ у Рейхенбаха, а только 3, что гораздо целесообразнѣе.

Такимъ образомъ, экваторіаль существенно отличается отъ вертикальнаго круга только положеніемъ главной оси. У вертикальнаго круга эта ось направлена къ зениту, а у экваторіала къ полюсу экватора, т.-е. въ первомъ случаѣ она перпендикулярна къ плоскости горизонта, а во второмъ—параллельна оси міра; следовательно, въ первомъ инструментѣ перпендикулярный къ этой оси кругъ *M* (рис. 301) представляетъ собою горизонтъ, между тѣмъ какъ въ экваторіаль кругъ *AA* (рис. 302) параллеленъ плоскости экватора; наконецъ, въ первомъ случаѣ вертикальный кругъ *mn* лежитъ постоянно въ плоскости круга высотъ, а во второмъ—кругъ *BB'*, который можно вращать вокругъ параллельной ему оси *EF*, постоянно совпадаетъ съ плоскостью круга склоненія. Поэтому какъ для вертикальнаго круга можно было по кругу *M* отсчитывать азимуты, а по кругу *mn* зенитныя разстоянія звѣздъ, такъ при помощи экваторіала можно по кругу *AA*, перпендикулярному къ оси вращенія *EF*, определять часовые углы, а по параллельному этой оси кругу *BB'*—полярныя разстоянія свѣтлѣ.

Вообразимъ себѣ вертикальный столбъ *P*, укрѣпленный на столѣ или на волу; на верхній конецъ его опирается цилиндрическій стержень *EF*, параллельный оси міра и вращающійся вокругъ собственной оси. На нижній конецъ *E* этого стержня надѣтъ перпендикулярный къ нему и неподвижно связанный съ нимъ кругъ *AA*: верхній оканчивается также перпендикулярной къ нему трубкой *FG*, которая служитъ обоямницей для оси другого круга *BB'*, лежащаго въ плоскости, параллельной оси *EF*. У *G* ось выступаетъ изъ обоямницы, а противоположный конецъ ея соединенъ съ трубой *CD* такимъ образомъ, что труба можетъ вращаться около этой оси и, вращаясь, ведетъ за собою и кругъ *BB'*. Поворачивая же весь инструментъ вокругъ оси *EF*, мы заставимъ вращаться и кругъ *AA*. Въ неподвижныхъ частяхъ инструмента, а именно, къ обоямницѣ *FG* или кривизу *AG* въ точкахъ *m*, *m'*, *n* и т. д. прикрѣпляютъ алидады обоихъ круговъ съ нивелирами, служащими для отсчетовъ на этихъ кругахъ. Отъ алидады *mm* идетъ металлическая полоса, снабженная зажимнымъ винтомъ *B*, при помощи котораго можно кругъ соединить съ алидадой и такимъ образомъ закрѣпить. Закрѣпленному кругу *BB'*, а вмѣстѣ съ нимъ и трубѣ можно сообщать небольшой передвиженія при помощи микрометричнаго винта *l* (§ 27). Кругъ *AA* также снабженъ двумя нивелирами, одинъ изъ нихъ, какъ сказано

уже, находится при  $n$ , другой занимает диаметрально противоположное положение, и на рисункъ его не видно. По всему краю круга  $AA'$  сдѣлана полувинтовая нарезка: ее можно привести въ соприкосновение съ такъ называемымъ безконечнымъ винтомъ, головка котораго видна на рисункъ при  $\alpha$ , если отпустить пружину, нажимающую на этотъ винтъ.

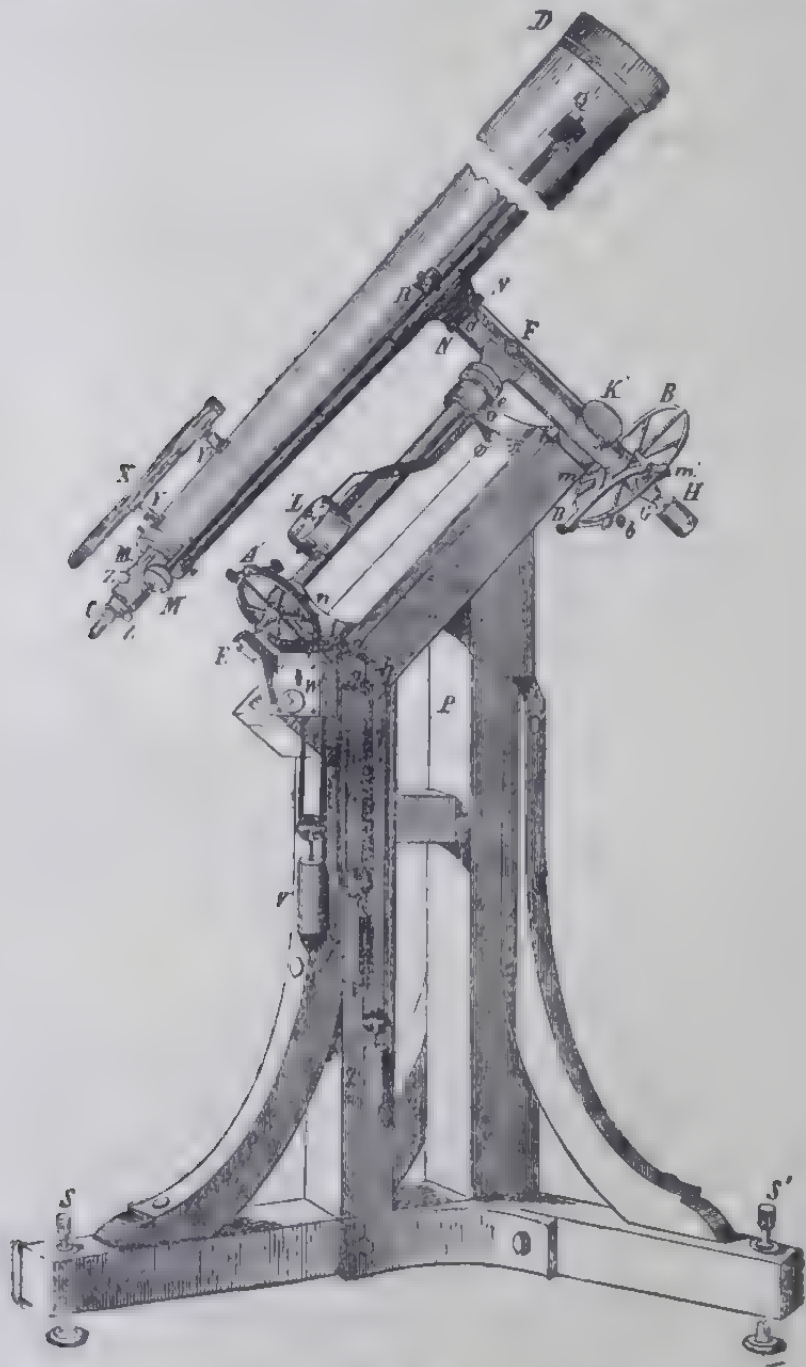


Рис. 302.

Винтъ соединенъ съ подставкой, и потому когда кругъ  $AA'$  приведенъ съ нимъ въ соприкосновение, онъ закрѣпленъ и можетъ вращаться только при помощи винта, но не только въ небольшихъ предѣлахъ, какъ кругъ  $BB'$ , а по всей окружности. Если нужно быстро повернуть инструментъ вокругъ оси  $EF$ , то откидывается пружину, разобщаютъ

безконечный винт съ крутомъ  $AA'$ , и тогда этотъ послѣдній можетъ свободно передвигаться. Противовѣсы  $H, K, K', L$  служатъ для того, чтобы по возможности уменьшить давленіе на оси и ихъ обѣимицы и равномерно распределить его; такъ, напримеръ, грузы  $K$  и  $K'$  укрѣплены на концахъ прямолинейныхъ рычаговъ, точки опоры которыхъ видны при  $F'$ ; на другомъ концѣ этихъ рычаговъ находите вѣсички  $NN'$ ; послѣдній въ нѣсколькихъ мѣстахъ снабженъ валиками, которые захватываютъ находящуюся въ трубкѣ  $FG$  ось, что уменьшаетъ ей треще обѣ эту трубку. Подѣливая же образомъ грузъ  $L$ , дѣйствуя на ломаный рычагъ  $LOa$ , точка опоры котораго находится въ  $O$ , удерживаетъ при помощи валиковъ  $e$  ось  $EF$  на нѣкоторомъ разстояніи отъ ея обѣимицы. Чтобы предотвратить гнущее объективной части телескопа  $CD$ , устраиваютъ въ ней всей трубы рычаги  $MQ$  съ точкой опоры  $R$ , которые при помощи грузовъ  $M$  и  $M'$  приподнимаютъ верхнюю часть трубы.

Такъ называемый искатель  $X$  всегда имѣющіея при телескопахъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, служатъ для того, чтобы легче было установить большую трубу на желаемый объектъ: для этой цѣли вспомогательными винтами  $S$  и  $S'$  искатель устанавливается параллельно большой трубѣ, такъ что, если какой-нибудь объектъ находится въ центрѣ поля зрѣнія маленькой трубы, то онъ будетъ виденъ въ то же время въ центрѣ поля зрѣнія большого телескопа. Винтъ  $a$  можно вращать не только просто рукой, но также при помощи часового механизма  $W$ , благодаря чему труба можетъ слѣдить за свѣтиломъ въ его суточномъ движеніи, и если звѣзда введена въ поле зрѣнія телескопа, то она будетъ оставаться въ немъ до тѣхъ поръ, пока она будетъ находиться надъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Ниже (§ 35) мы подробнѣе остановимся на устройствѣ часового механизма.

§ 34. **Вывѣрка экваторіала.** Выше было упомянуто, что экваторіаль даетъ непосредственно часовой уголъ и полярное разстояніе наблюдаемаго свѣтила, если только ось ея части тщательно вывѣрена и приведена въ надлежащій порядокъ. При этой вывѣркѣ слѣдуетъ обращать вниманіе, главнымъ образомъ, на слѣдующее:

1. Ось вращенія (рис. 302) инструмента  $EF$  должна лежать въ плоскости меридиана.
2. Она должна быть наклонена къ горизонту подъ угломъ, равнымъ высотѣ полюса мѣста наблюденія.
3. Алиады  $m$  и  $n$  обѣихъ круговъ должны быть устроены такимъ образомъ, чтобы верньеръ первой стоялъ какъ-разъ на нуль тогда, когда телескопъ направленъ на полюсъ экватора; верньеръ же второй алиады долженъ стоять на нуль тогда, когда кругъ  $BB$  или связанная съ нимъ труба  $CD$  лежитъ въ плоскости меридиана.
4. Кругъ  $BB$  долженъ быть параллеленъ оси вращенія  $EF$ .
5. Оптическая ось трубы  $CD$  должна быть параллельна кругу  $BB$ .

Послѣдніе два требованія всегда выполнены, если инструментъ изготовленъ хоть сколько-нибудь добросовѣстнымъ мастеромъ, поэтому здѣсь не нужно прибѣгать къ особымъ поѣвѣркамъ или установкамъ, что потребовало бы много труда и времени.

Для того, чтобы установить ось  $EF$  какъ-разъ въ плоскости меридиана и наклонить ее къ горизонту настолько, насколько нужно, то-есть, чтобы выполнить требованія 1 и 2, лучше всего выполнить сначала часть требованія 3, а именно найти ошибку индекса круга склоненія и уничтожить ее. Для этого пользуются слѣдующими приемами. Во время верхней кульминаціи звѣзды, когда высота ея мѣняется очень медленно, на нее быстро наволать инструментъ въ двухъ различныхъ положеніяхъ одинъ разъ такъ, чтобы кругъ склоненій  $BB$  выходилъ къ востоку (труба  $CD$ , слѣдовательно, къ западу) отъ оси  $EF$  при другомъ положеніи этотъ кругъ долженъ лежать къ западу (а труба къ востоку), причемъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ кругъ склоненій отсчитывается по одному и тому же верньеру. Положимъ, напримеръ, что для полярнаго разстоянія звѣзды получились такіе отчеты,  $86^{\circ} 30' 15''$  и  $86^{\circ} 19' 45''$ , тогда при помощи особаго винта передвигающаго

верньеръ по его алипадѣ настолько, чтобы онъ указывалъ дѣленіе среднее между этими отсчетами, то-есть,  $86^{\circ} 25' 0''$ ; второй же верньеръ устанавливають такъ, чтобы его показанія отличались отъ показаній перваго ровно на  $180^{\circ}$ . Такимъ образомъ, ошибка точки нуля будетъ уничтожена.

Положивъ теперь, что кругъ склоненій снова посланъ на полярное разстояніе звѣзды, находящейся какъ-разъ въ меридианѣ; тогда при вращеніи трубы около оси  $EF$  звѣзда должна проходить черезъ центръ поля зрѣнія, если только эта ось наклонена къ горизонту подъ угломъ, равнымъ высотѣ полюса. Если же звѣзда не проходитъ черезъ середину поля зрѣнія, то при помощи винта  $S$  можно поднять или опустить конецъ  $E$  оси  $EF$  настолько, чтобы такое прохожденіе имѣло мѣсто, и тогда второе изъ предъявленныхъ выше условій будетъ выполнено.

Теперь намъ остается еще установить ось  $EF$  въ плоскости меридиана. Для этой цѣли при помощи уровня устанавливають ось  $FG$  горизонтально, то-есть приводятъ ее въ такое положеніе, при которомъ труба, вращаясь около этой оси, должна все время оставаться въ плоскости меридиана. Затѣмъ кругъ склоненій телескопа ставятъ на полярное разстояніе какой-нибудь известной, лучше всего полярной звѣзды за нѣсколько минутъ до ея кульминаціи, и при помощи особно приспособленнаго передвижающаго къ востоку или къ западу конецъ  $E$  или  $F$  оси вращенія  $EF$  до тѣхъ поръ, пока выбранная звѣзда въ моментъ ея кульминаціи не будетъ проходить черезъ нити, параллельныя кругу  $BB$ , т.-е., черезъ часовыя нити телескопа. Тогда ось вращенія  $EF$  будетъ лежать въ плоскости меридиана.

Если у инструмента нѣтъ вспомогательныхъ винтовъ, которыми можно было бы ось  $EF$  перемѣстить къ востоку или къ западу, то при установкѣ нужно весь штативъ вращать около ножки  $S$ . Но тогда наклонность оси  $EF$  къ горизонту опять будетъ, вообще говоря, невѣрна; поэтому описанную выше операцію надо повторить еще одинъ или даже нѣсколько разъ, если первоначальная установка инструмента было слишкомъ неточна.

Когда, наконецъ, ось  $EF$  приведена въ плоскость меридиана, то сразу можно определить ошибку индекса часового круга. Дѣйствительно, экваториаль даетъ намъ часовыя углы, поэтому теперь, когда онъ стоитъ какъ-разъ въ меридианѣ, одинъ изъ верньеровъ долженъ указывать  $0^{\circ} 0' 0''$ . Если же этого нѣтъ, и дѣленіе, указываемое верньеромъ, отличается отъ нулевого, то сдѣланный отчетъ непосредственно даетъ намъ поправку индекса. Если, напримеръ, верньеръ  $n$  даетъ отчетъ  $0^{\circ} 1' 38''$ , то это значитъ, что ошибка индекса на часовомъ кругѣ равна  $1' 38''$ . Въ такомъ случаѣ для устранения этой ошибки можно поступать двоякимъ образомъ. Во-первыхъ, можно особыми, назначенными для этой цѣли винтами, передвинуть верньеръ по его алипадѣ на  $1' 38''$ , и ошибка индекса будетъ такимъ образомъ уничтожена. Во-вторыхъ, не измѣняя положенія верньера, можно при каждомъ наблюденіи принимать эту ошибку во вниманіе, уменьшая каждыи отчетъ круга на указанную выше величину. ○

Точная установка оси  $FG$  въ горизонтальное положеніе нѣрѣдко представляетъ значительныя затрудненія. Поэтому можно пользоваться также слѣдующимъ приемомъ. Кругъ склоненія ставятъ на полярное разстояніе какой-нибудь известной звѣзды, находящейся ровно на  $6^{\circ}$  ( $90^{\circ}$ ) къ востоку или къ западу отъ меридиана, и передвигаютъ затѣмъ ось  $EF$  назначенными для этого винтами, или вращаютъ весь штативъ около ножки  $S$  до тѣхъ поръ, пока звѣзда не будетъ проходить въ серединѣ поля зрѣнія. Какъ только это удастся, ось  $EF$  будетъ установлена въ плоскости меридиана. После этого остается определить ошибку индекса часового круга; но эта ошибка очень просто определяется установкой трубы на какую-нибудь известную звѣзду. Дѣйствительно, звѣздное время наблюденія безъ прямого восхожденія звѣзды равно часовому углу этой звѣзды, поэтому сравненіе вычисленнаго часового угла съ отчетомъ на часовомъ кругѣ прямо даетъ искомую поправку индекса.

Когда, наконец, инструмент установлен в только-что описанным способом, то и в этом случае, совершенно так же, как и в случае меридианного круга, можно устроить себе миры, которые бы позволяли без особого труда снова выбрать установку инструмента, если бы она была, например, снята или стянута во время шестки или по каким-нибудь другим причинам. Для этой цели наводят телескоп на два земные предмета, из которых один находится почти в меридиане, а другой имеет часовой угол, равный почти  $90^\circ$ , и замечают соответствующие деления, указываемые верньером круга склонений. Если, далее, круг склонений поставлен на эти деления, и оба предмета видны как-раз в девять полей зрительной трубы, то установка инструмента верна.

Такие миры особенно полезны в том случае, когда, как это часто бывает у любителей астрономии, инструмент не все время остается на своем месте, но выставляется на приготовленную для него платформу только на время наблюдений. Если на платформе устроены подставки для винтов  $S$ ,  $S'$ ,  $S''$ , так что инструмент каждую раз можно поставить на одно и то же место, то при помощи упомянутых выше мир его установку можно выбрать в несколько минут. Для этого пользуются таким приемом: ставят сначала верньер на деление, соответствующее предмету, лежащему в меридиане, и поднимают или опускают винт  $S$  до тех пор, пока этот предмет не появится на пересечении нитей, затем верньер ставят на отсчет, соответствующий второму предмету, закрывают алиду и наводят телескоп на этот второй предмет. Если последний не находится в поле зрительной трубы при помощи особых винтов, или вращая весь инструмент около его платины  $P$  до тех пор, пока и второй предмет был виден на пересечении нитей.

Наконец, чтобы даже при нежной установке экваториала измерить его истинную звездную сь такой точностью, сь какой позволяют это сделать деления кругов, лучше всего будет поступить так. Сначала заводят в среднюю часть зрительной трубы уже известная звезда, лежащая недалеко от некоей; затем, отсчитывая деления, указываемые верньерами  $m$  и  $n$ , и сравнивая эти отсчеты с истинным падрым разстоянием и часовым углом звезды, наблюдатель находит, насколько съдвигутся и сместятся эти величины, чтобы данная звезда появилась как-раз на пересечении нитей  $e$ , принимая во внимание эти изменения, наводят инструмент на некую звезду.

§ 35. Часовой механизм экваториала. Часовой механизм при экваториале употребляется для сообщения кругу этого инструмента вращательного движения вокруг оси, параллельной оси мира, со скоростью видимого суточного движения небесных сфер. Для этой цели проще всего вращать при помощи какого-нибудь механизма микрометрический винт  $a$  (рис. 302), который служит для передвижения часовой круга  $АВ$ . Этого можно достигнуть, например, при помощи двух гири  $U$  и  $V$ , которая действуют на два, захватывающих круг труа, зубчатых колеса  $h$  и  $g$ . Более тяжелый груз  $U$ , разматывая шнур с велик колеса  $g$ , ходы которого ходит в другую же головку винта  $a$ , приводит это колесо, а следовательно и винт  $a$  в движение. Ясно, что действующей силой является собственная разность двух грузов  $T$  и  $U$ . Чтобы завести механизм, надо потянуть за оба груза  $V$ , но, чтобы не приходилось заводить этого механизма слишком часто, вместо одной гири употребляют две, соединенные между собой, как показано на рис. 302, при посредстве колес  $g$  и  $h$ . Более тяжелый груз, кроме того, служит для преодоления трения и жесткости шнуров и т. д. Однако, одна гири вращали бы винт  $a$  неравномерно, а между тем для экваториала требуется равномерная скорость. Чтобы достигнуть равномерного движения, къ задней стороне колеса  $g$  прикрывается другое зубчатое колесо, захватывающее паразку горизонтально расположенному безконечному винта. Этот винт соединен сь

часами  $W$  и заставляеть такимъ образомъ систему колесъ  $ghTU$  двигаться именно съ такой скоростью, съ какой идутъ часы. Безконечный винтъ является, следовательно, тормозомъ для упомянутой системы, а часы служатъ для нея регуляторомъ.

Самые часы, приводимые въ движеніе грузомъ  $C$ , отличаются отъ другихъ часовъ, главнымъ образомъ, своимъ регуляторомъ. Обыкновенные регуляторы никогда здѣсь не употребляются, потому что всѣ они дѣйствуютъ толчками и, следовательно, толкали бы постоянно гонимое, что мѣшало бы, конечно, наблюдениямъ. Поэтому нужно было изобрѣсть такой регуляторъ, который дѣйствовалъ бы непрерывно. Либхерръ въ Мюнхенѣ построилъ для этой цѣли центробѣжный маятникъ. Къ оси  $C$  одного изъ часовыхъ колесъ (рис. 303) прикрѣплены горизонтальный рычагъ  $AB$ , совершающій во время хода часовъ маховое движеніе; къ обоимъ концамъ этого рычага прикрѣплены мечевицеобразные грузы  $D$ , поддерживаемые стальными пружинами  $f$ . Все это заключено въ коническую коробку, стѣнки которой падаютъ на незначительномъ разстояніи отъ грузовъ  $D$ . Если часы приведены въ движеніе, то рычагъ  $AB$  начинаетъ вращаться по направленію, указанному стрѣлками, сначала скорость этого вращенія не будетъ равномерной до тѣхъ поръ, пока развивающаяся центробѣжная сила, дѣйствующая на грузы  $D$ , укрѣпленные на пружинахъ  $f$ , не удалитъ эти грузы отъ центра  $C$  на столько, что они коснутся стѣнокъ коробки и начнутъ объ нихъ тереться. Это треніе будетъ увеличиваться до тѣхъ поръ, пока вызываемое имъ сопротивленіе движенію не придетъ въ равновѣсіе съ ускореніемъ того же движенія, обуславливаемымъ паденіемъ груза  $C$ , а тогда самое движеніе станетъ равномернымъ. Дѣйствительно, какъ только часы начинаютъ идти быстрее, рычагъ сильнее

давить на стѣнки конической коробки, вслѣдствіе чего треніе увеличивается; обратное явленіе происходитъ въ томъ случаѣ, если часы замедляютъ свой ходъ.

Центробѣжный маятникъ въ той или другой формѣ всегда является основной частью регулятора механизма при экваторіалахъ; различные регуляторы отлича-



Рис. 303.

ются другъ отъ друга только способомъ, посредствомъ котораго въ нихъ треніе оказываетъ вліяніе на движеніе. Долгое время всѣ приборы этого рода страдали тѣмъ недостаткомъ, что они были слишкомъ легки сообразно съ той часою, которую должны были приносить въ движеніе, а потому даже незначительнымъ случайнымъ возмущеніямъ не могли противопоставить достаточно большой живой силы, чтобы ходъ ихъ оставался постояннымъ. Вслѣдствіе этого недостатокъ былъ устраненъ, главнымъ образомъ, послѣ того, какъ астрономы начали заниматься спектральными наблюденіями, для которыхъ хороши механизмы важнѣе, чѣмъ для всѣхъ остальныхъ наблюденій; оказалось, однако, что вслѣдствіе повышенныхъ требованій астрономовъ устройство механизма и послѣ того оставило еще много желать. Поэтому Фуко, Бондъ и др. ввели нѣкоторые дополнительные приспособленія, имѣвшія цѣлью сдѣлать ходъ болѣе равномернымъ. Описывать ихъ мы не будемъ, такъ какъ подробное ихъ разсмотрѣніе, иногда требующее довольно сложныхъ механическихъ разсужденій, завело бы насъ слишкомъ далеко.

Часовые механизмы применяются къ экваторіаламъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда характеръ наблюденія требуетъ, чтобы свѣгило нѣкоторое время занимало неизмѣнное положеніе въ полѣ зрѣнія трубы. Таковы, напр. спектральныя изслѣдованія, измѣренія различного рода микрометрами, фотографированіе небесныхъ тѣлъ и г. д.

§ 36 Историческія замѣчанія объ экваторіалахъ. Параллактическая установка зрительныхъ трубъ, характерная для экваторіаловъ, была, повидимому, придумана въ срединѣ XVIII столѣтія въ Англии. Но конструкция, а следовательно и обращеніе съ пер-

выми инструментами этого рода, которые назывались паралактическими машинами, оставали желать очень много, вследствие чего они не могли получить дальнейшего распространения. Византиный переворотъ въ этой области произвелъ Рейхенбахъ. Онъ придалъ экваторіалу форму, которой въ общихъ чертахъ еще и теперь придерживаются немецкіе мастера (по крайней мѣрѣ, при изготовленіи трубъ среднихъ размѣровъ), и которую въ Англии и до сихъ поръ еще называютъ потому Герман form. Некоторые изъ своихъ экваторіаловъ Рейхенбахъ снабдилъ кругами съ діаметромъ до 1 метра, чтобы сдѣлать ихъ пригодными для абсолютныхъ опредѣленій положенія звѣздъ, однако, этого назначенія

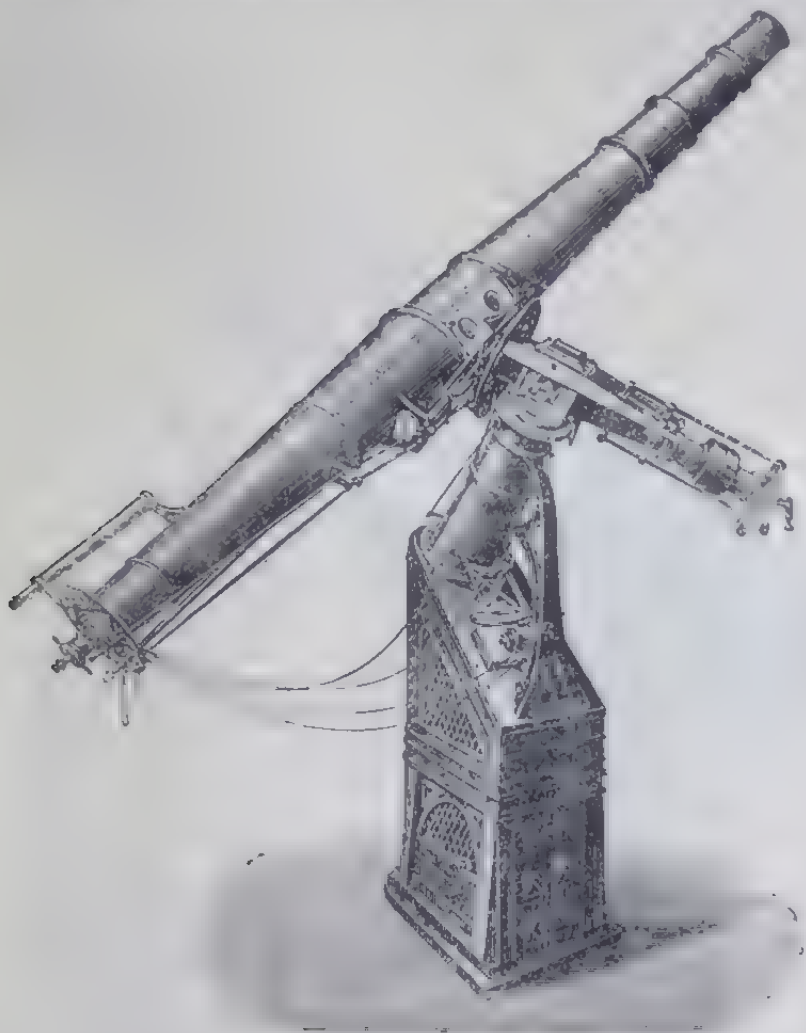


Рис. 301.

они удовлетворительно выполнить не могли (срвни § 37). Но такъ какъ разностины наблюденія, несмотря на многа несомнѣнныя преимущества, имѣютъ и свои недостатки, важнѣйшимъ изъ которыхъ, не говоря уже о сложности вычисленій, заключается въ томъ, что часто въблизи наблюдаемаго объекта не находится ни одной звѣзды, положеніе которой было бы хорошо извѣстно, то въ наше время снова была поставлена на очередь задача придать экваторіаламъ вполнѣ совершенную конструкцию, а, повидимому, задачу эту удалось разрѣшить знаменитому гамбургскому механику Ренеольду, по крайней мѣрѣ, для нѣсколькихъ экваторіаловъ среднихъ размѣровъ, которые онъ построилъ для обсерваторій въ Гюль, Вилъ, Аристанни и т. д. Идея этой конструкции принадлежитъ Н. А. Гавлену.

Въ новейшее время изготовленіе гигантскихъ зрительныхъ трубъ еще болѣе усложнило параллактическую монтировку послѣднихъ, такъ какъ въ трубахъ такихъ размѣровъ необходимо множество дополнительныхъ приспособленій, облегчающихъ трудъ наблюдателя и дающихъ возможность закрывать, открывать и отсчитывать круги, находясь у окуляра, устанавливать ихъ, стоя на полу, и т. д. Каждая изъ фирмъ, занимающихся монтировкой такихъ колоссальныхъ телескоповъ, устраиваетъ эти приспособленія по-своему, и, такимъ образомъ, мало-по-малу, для каждой фирмы получается, такъ сказать, своя особая форма

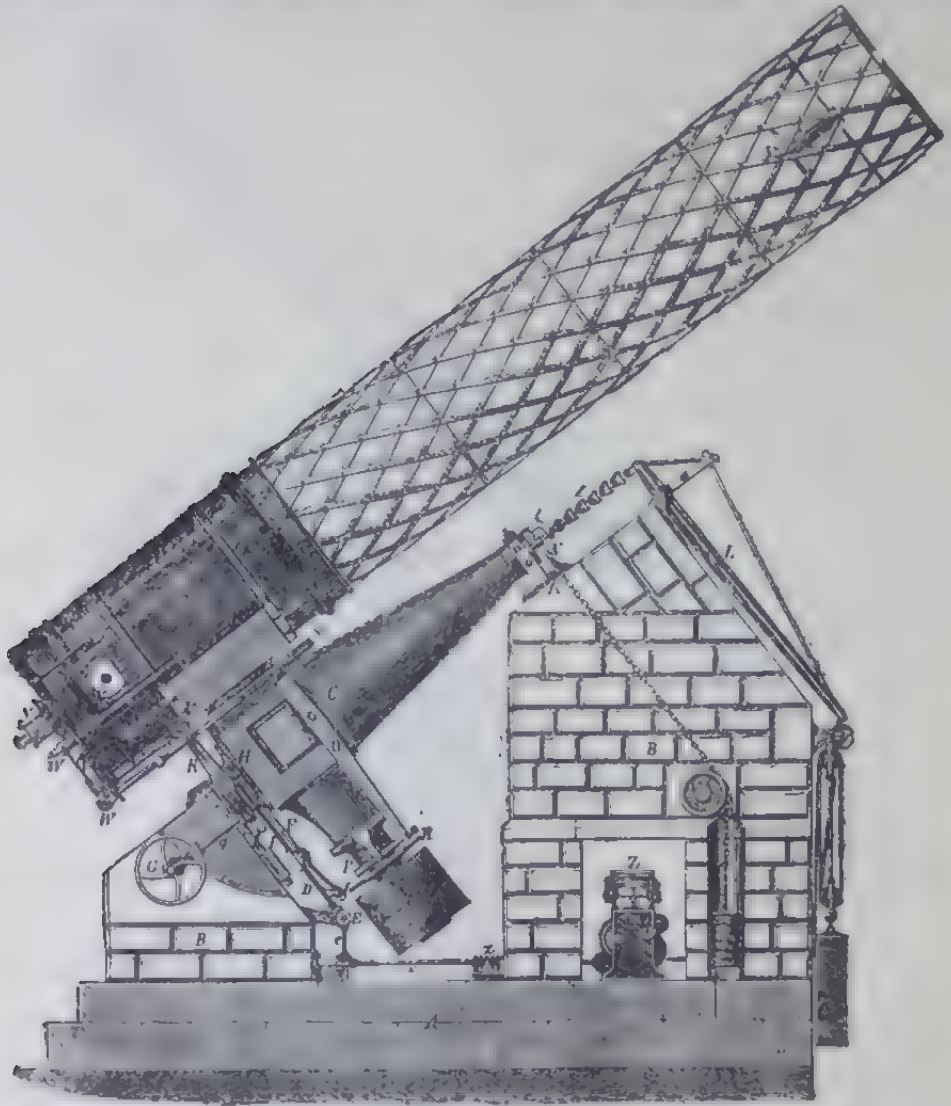


Рис. 305.

установки. Механикъ Г. Груббъ въ Дублинѣ избралъ форму, значительно отличающуюся отъ всѣхъ рѣше- нійъ другихъ и сумѣлъ придать ему особенную устойчивость. На рис. 304 изображенъ большой рефракторъ (эллаториаль) его работы, построенный для вѣнской обсерватории.

Однако, установка большихъ рефракторовъ представляла въ свое время механикамъ еще болѣе трудностей, чѣмъ установка большихъ рефракторовъ. Поэтому прежде довольно часто случалось, что сообщали этимъ инструментамъ горизонтальное и вертикальное движеніе (какъ въ универсальныхъ инструментахъ), и для этой цѣли устанавливали ихъ между двумя крышными стропилами, какъ видно изъ рис. 221 (стр. 598). Вертикальное пере-



движение трубы совершалось при помощи особого шнура; по горизонтальному направлению инструментъ вместе съ подмостками, перемѣщался на каткахъ по окружности кругообразной горизонтальной подставки, для чего также служили особые шнуры и рукоятка. Инструменты эти помещались обыкновенно подъ открытымъ небомъ, тогда какъ экваторіалы всегда устанавливались въ башнѣ съ подвижной крышей, отверстие которой можно было передвинуть какъ-разъ къ тому мѣсту неба, въ которомъ нужно было производить наблюдѣнія.

Первая паралактическая монтировка большого рефлектора была выполнена Ласселемъ, который самъ приготовилъ и зеркало для него, съ отверстиемъ въ 122 см (4 англ. дюйма); этимъ инструментомъ онъ на Мальтѣ произвелъ весьма цѣнные наблюдѣнія луны, обѣихъ вѣрныхъ планетъ и туманностей. Установка эта во многихъ отношеніяхъ была

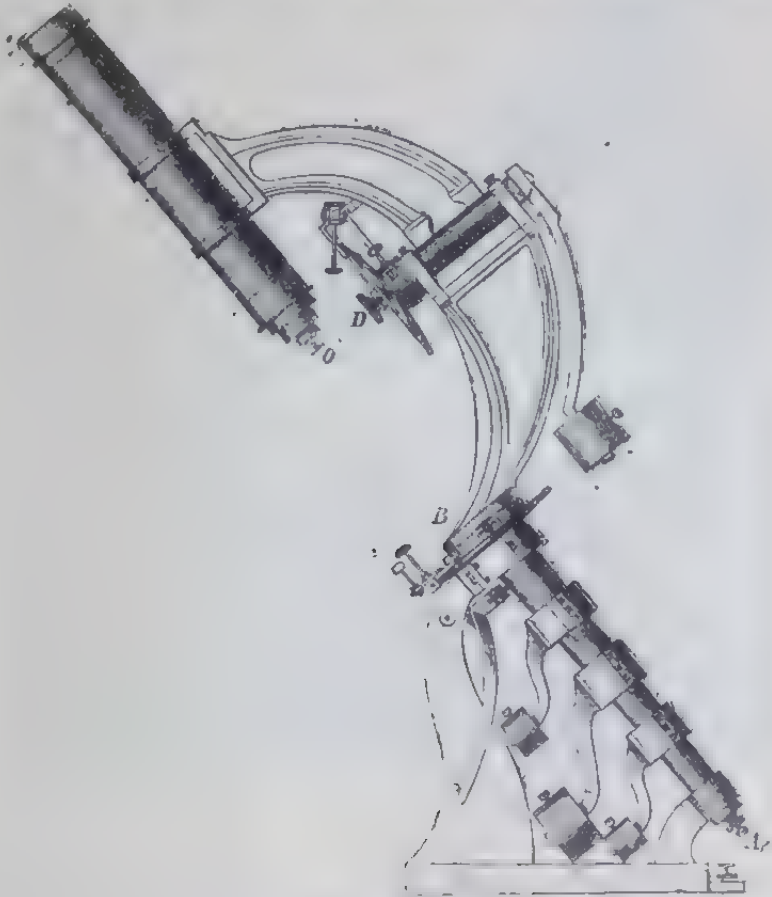


Рис. 306.

схожа съ вышеописанной и отличалась отъ нея только тѣмъ, что главная ось была направлена къ полюсу; повидимому, въ ней было много недостатковъ. Первою вполне удачною установкой рефлектора, отверстие которого составляло также 122 см, а фокусное расстояние было около 9 метровъ, мы обязаны Т. Груббу (тогда вышеупомянутому Г. Груббу), на рис. 305 со всѣми подробностями изображенъ построенный имъ для мелбурнской обсерваторіи рефлекторъ указанныхъ размѣровъ.

Но насколько очевидны преимущества паралактической установки въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно наблюдать светило, положеніе котораго приблизительно извѣстно заранее, и когда трубу сразу можно установить такъ, чтобы светило это оказалось въ полѣ зрѣнія, настолько же очевидны его неудобства тѣмъ, гдѣ нужно изслѣдовать значительную часть неба въ поискахъ за неизвѣстнымъ светиломъ, скажемъ, за кометою. Эта работа особенно

утомительна потому, что при вращении трубы вокруг полярной оси окуляр, описывая круги, поднимается или опускается наклонно к горизонту. Поэтому такъ называемые кометоскопители очень редко имеют паралактическую установку, в большинстве случаев их снабжают штативами, позволяющими передвигать трубу по высоте и по азимуту. Но эта установка страдает тем недостатком, что, когда найден искомый объект из отсчетов кругов получаются только азимут и высота его, а потому, чтобы можно было отыскать его в других зрительных трубах, нужно или замѣнить азимут и высоту измеримым углом и склонением, что требует довольно утомительнаго вычисления, или же, насколько возможно, точно нанести его на небную карту, но тогда отыскивание его другимъ инструментомъ отнимаетъ довольно много времени. Чтобы устранить это неудобство, J. Вилларсо придумалъ такую паралактическую монтировку, при которой окуляръ при всѣхъ движенияхъ трубы сохраняетъ свое положеніе. Такая монтировка была выполнена механикомъ E. Шведеромъ для кометоскопители съ отверстиемъ въ 16 см (6 париж-

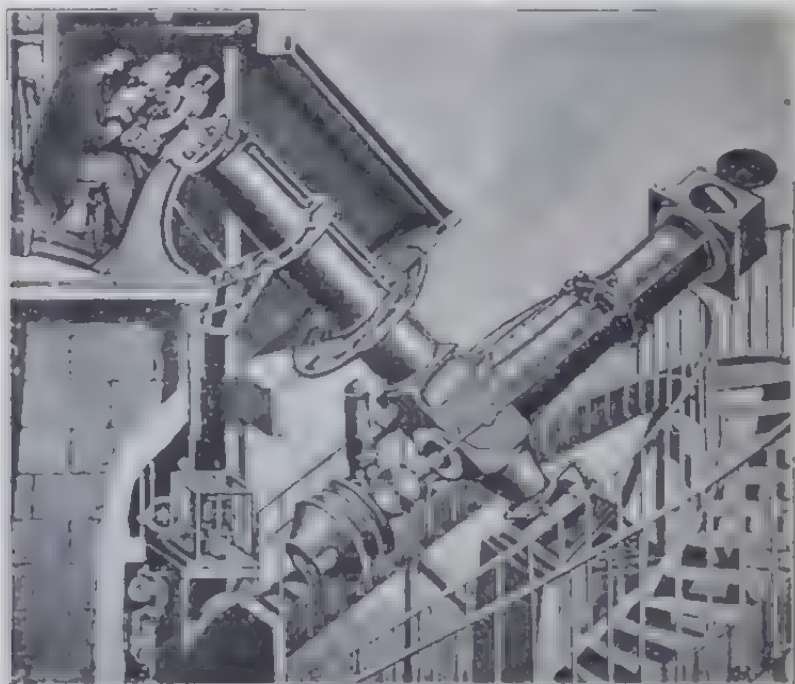


Рис. 307.

ских дюймов), сделанно имъ для вѣнской обсерваторіи; изъ приложеннаго рис. 306, изображающаго этотъ инструментъ, видно, что преимущество это достигается тѣмъ, что окуляръ *O* помѣщается въ точку пересѣченія продолженной полярной оси *AB* съ продолженной осью склоненія *CD* и потому не мѣняетъ своего положенія, когда труба вращается около этихъ осей.

Преслѣдуя ту же цѣль, вице-директоръ, бывшій директоръ парижской обсерваторіи M. Лоджъ, изобрѣлъ такъ называемый equatorial conde (ломанный экваторіаль), но здѣсь на трубѣ остаются только нѣсколько лучей свѣта. Лучъ свѣта, падающій на объективъ (рис. 307), отразится отъ непрозрачнаго плоскаго зеркала, помѣщающагося въ томъ же кубѣ, въ которомъ находится объективъ, и идетъ до слѣдующаго куба, находящагося на пересѣченіи трубъ ко 2-му инструменту; здѣсь вторично отразившись отъ другого такого же зеркала, находящагося въ этомъ послѣднемъ кубѣ, направляется вдоль второго козла трубы, направленно на дощечку мѣру, и попадаетъ въ глазъ наблюдателя. Металлическій кубъ, заключающій въ себѣ объективъ и первое зеркало, прикрѣпляется къ внутренней трубѣ, кон-

центрической съ внешней трубою, видной на рисунокъ. Эту внутреннюю трубу при помощи особой рукоятки наблюдатель можетъ вращать въ ось, причемъ она можетъ опираваться на ней кругъ склоненія. Кроме того, всю зрительную трубу имѣетъ съ объективной трубой, представляющей полярную ось, при помощи другой рукоятки можно передвигать по часовому углу. Кругъ склоненія и часовой кругъ концентричны другъ другу и помѣщаются въ одной и той же плоскости около окуляра, такъ что ихъ можно не только отсчитывать, но и устанавливать отъ окуляра. Часовой механизмъ помѣщается въ ящикѣ, прикрѣпленномъ къ столбу, стоящему къ сѣверу отъ инструмента. Къ первому колену трубы ниже второго куба прикрѣплена лампа, свѣтъ которой послѣ двухъ отраженій достигаетъ окуляра и освѣщаетъ нити.

Эта конструкция обладаетъ тѣмъ неоспоримымъ преимуществомъ, что астрономъ все время сохраняетъ неизмѣнное и очень удобное положеніе, причемъ, какъ видно изъ рисунка, можетъ наблюдать, даже находясь въ закрытомъ пространствѣ; кроме того, наблюдения такимъ инструментомъ не требуютъ устройства дорого стоящаго вращающагося купола и позволяютъ ограничиться гораздо болѣе простымъ приспособленемъ, такъ какъ первое подвижное колѣно инструмента, имѣющее съ одной стороны объективъ, а съ другой прогнвовѣсъ, движется исключительно въ плоскости экватора.

Упомянемъ еще, наконецъ, что механики, преимущественно англичане, старались соединить и преломляющую систему съ астрономическою по высотѣ и азимуту, т. е. имѣли возможность наблюдателя непосредственно приращивать объективную существенную монтировку въ параллактическую при помощи надѣвки, представляющей существенную часть экваториальной вѣтви и вращающейся между зрительной трубою и горизонтальной подѣлкою. Это приспособленіе имѣетъ названіе универсальнаго телескопа.



Рис. 308.

Подобный же универсальный штативъ, но только во многихъ отношеніяхъ превосходящій англійскіе, былъ изобрѣтенъ Г. Финеромъ и сдѣланъ по его заказу механикомъ Гартманомъ. Прилагаемый рис. 308 изображаетъ этотъ инструментъ въ томъ положеніи, въ которомъ онъ употребляется, какъ экваторіаль. Для преобразованія его въ теодолитъ служатъ части  $\alpha$  и  $\alpha_1$ . При помощи винтовъ  $b$  приближенную установку можно сдѣлать точной. Кромѣ того, однимъ изъ нихъ, при параллактической установкѣ, пользуются для измѣненія наклона часовой оси, что бываетъ необходимо при перемѣнѣ мѣста наблюденія, такъ что инструментъ легко можетъ быть установленъ для широтъ въ промежуткѣ отъ  $45^\circ$  до  $55^\circ$ . Само собой разумеется, что въ другомъ положеніи, когда полярная ось  $dd$  устанавливается вертикально, инструментъ этотъ можетъ служить полуденной трубою; слѣдовательно, имъ можно производить всѣ наблюденія, производимыя полуденною трубою, вертикальнымъ кругомъ, теодолитомъ и экваторіаломъ а потому его особенно рекомендуемъ любителямъ астрономіи. Кромѣ того, это наиболее подходящий инструментъ для демонстраціи, наприимѣръ, въ школахъ.

§ 37. Наблюденія съ экваторіаломъ. Если экваторіаль хорошо вывѣренъ, то, послѣ чтенія поправокъ индексамъ обоихъ круговъ, этотъ инструментъ непосредственно даетъ часовой уголъ и полярное разстояніе звѣзды. Поэтому, чтобы отыскать съ помощью экваторіала звѣзду, прямое восхожденіе и полярное разстояніе которой равны, наприимѣръ,  $5^h 40^m 20^s$  и  $-36^\circ 15' 40''$ , а ошибки индексамъ соответственно равны  $-1^m 38^s$  и  $2' 8''$ , поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Задаютъ звѣздное время для того момента, когда звѣзда должна быть въ серединѣ поля зрѣнія. Пусть для данного случая звѣздное время равно  $10^h 50^m$ .

Небольшое вычисленіе даетъ:

Звѣздное время . . . . .	$10^h 50^m 0^s$
Прямое восхожденіе . . . . .	$5 40 20$
Истинный час. уголъ . . . . .	$5 9 40$
Поправка индекса . . . . .	$- 1 38$
Час. уголъ по инструменту . . . . .	$5 11 18$
Истинное полярное разстояніе . . . . .	$+ 36^\circ 15' 40''$
Поправка индекса . . . . .	$- 2 8$
Полярное разстояніе по инструменту . . . . .	$+ 36 13 32$

Имѣть это ставитъ верньеръ  $n$  на дѣленіе  $5^h 11^m 18^s$  по кругу  $AA'$  (рис. 302, стр. 848), а верньеръ  $m$  на дѣленіе  $36^\circ 13' 32''$  по кругу  $BB$ , и тогда искомая звѣзда появится въ полѣ зрѣнія телескопа около  $10^h 50^m$  по звѣздному времени.

Точно также наоборотъ, если для данного момента по звѣздному времени въ серединѣ поля зрѣнія экваторіала находится звѣзда, координаты которой еще не извѣстны, то, сдѣлавъ отсчеты по обоимъ верньерамъ, можно найти прямое восхожденіе и полярное разстояніе этой звѣзды, т. е. сдѣлать опредѣленіе ея положенія на небесномъ сводѣ. Дѣйствительно, если эта звѣзда находится въ серединѣ поля зрѣнія, т. е. въ пересѣченіи нитѣй, въ  $16^h 17^m 20^s$  по звѣздному времени, а отсчеты, сдѣланные по верньерамъ экваторіального круга  $AA'$  и круга склоненія  $BB$ , соответственно были равны  $4^h 11^m 28^s$  и  $54^\circ 3' 20''$ , тогда:

Часовой уголъ по инструменту . . . . .	$4^h 11^m 28^s$
Ошибка индекса . . . . .	$= 1 38$
Истинный часовой уголъ . . . . .	$4 9 50$
Звѣздное время . . . . .	$16 17 20$
Истинное прямое восхожденіе . . . . .	$12 7 30$

Полярное расстояние на инструментъ . . . . .	54° 3 20"
Ошибка индекса . . . . .	+ 2 8
Истинное полярное расстояние . . . . .	54 5 28

Однако, такое применение экваториала для непосредственнаго определения положенія неизвѣстнаго свѣтила становится невозможнымъ, когда результатъ наблюдений долженъ быть полученъ той громадной точностью, которая получается при употребленіи другихъ инструментовъ, и которой, следовательно, можно требовать и здѣсь. Дѣйствительно, при наклонномъ положеніи оси экваториала поправки этого инструмента оказываются слишкомъ непостоянными, чтобы можно было достигнуть съ нимъ такой же точности, какую можно получить съ другими астрономическими инструментами. Поэтому ужь давно перестали производить при помощи экваториала абсолютныя наблюденія, т. е. такія, при которыхъ по отсчетамъ круговъ можно непосредственно вывести положеніе свѣтила (какъ, напримеръ, при наблюденіяхъ меридианнымъ кругомъ или универсальнымъ инструментомъ), и пользуются имъ только для дифференціальнаго (разностнаго) наблюденія. Пояснимъ это. Положимъ, что при помощи особаго приспособленія, называемаго микрометромъ (наиболѣе употребительныя изъ этихъ инструментовъ ниже будутъ описаны), мы нашли разности прямыхъ восхожденій и склоненія неизвѣстнаго свѣтила, скажемъ — астероида, и какой-нибудь находящейся въ близости него извѣстной звѣзды; тогда, прибавивъ къ координатамъ послѣдней нѣкоторыя разности, мы получимъ координаты астероида, но при этомъ положеніе его определено будетъ не прямо, а при посредствѣ неподвижной звѣзды.

Дифференціальныя наблюденія представляютъ еще ту выгоду, что при нихъ не надо принимать во вниманіе инструментальныхъ ошибокъ, которые, вѣроятно, и незначительныхъ, но все же существующихъ даже при самой тщательной устрѣлкѣ инструмента. Дѣйствительно, извѣстное и неизвѣстное свѣтила находятся такъ близко другъ отъ друга, что всѣ инструментальныя ошибки имѣяютъ положеніе обоимъ свѣтямъ совершенно одинаково и не вліяютъ на ихъ взаимное положеніе такъ, что въ разности всѣ ошибки исключаются. Поэтому при дифференціальномъ наблюденіи инструментальная ошибка — одна исключается лишь въ такихъ предѣлахъ, чтобы при помощи безверевныхъ круговъ и т. д. можно было удобно и достаточно точно установить экваториаль аз требуемую звезду.

Необходимо замѣтить, что въ этихъ случаяхъ, когда является возможность не употребить круговъ для непосредственнаго наблюденія, экваториаль или такъ называемый параллактический инструментъ представляетъ для астронома чрезвычайно болышия выгоды. Дѣйствительно, если, вращая телескопъ  $CP$  (рис. 302) вокругъ оси  $IG$ , устрѣмимъ его въ какое-нибудь положеніе, то, при вращеніи вокругъ оси  $EF$ , телескопъ всегда будетъ описывать конусъ, осью котораго является линія  $EF$ , то-есть ось мира, рудами слюдами линія, служащая продолженіемъ трубы, ослѣдитъ эту окружность. Но такую же окружность описываетъ и каждая звезда при своемъ собственномъ движеніи, очевидно слѣдуетъ, что если телескопъ направитъ на звезду и винтомъ  $B$  дирекціоннаго круга  $abcd$  и т. д. то для того, чтобы звезда все время находилась въ полѣ зрѣнія, достаточно вращать трубу вокругъ оси  $EF$  или кресто рукою, или же, лучше, при помощи упомянутаго винта  $a$ . Совершенно иначе обстоитъ дѣло, если труба имѣетъ только одно вертикальное или только одно горизонтальное движеніе, такъ какъ звезда движется въ плоскости, наклонной какъ къ горизонтальной, такъ и къ вертикальной плоскостямъ, тогда бытъ случаи, въ особенности при сильномъ увеличеніи, что наблюдатель теряетъ звезду изъ поля зрѣнія и долженъ потомъ снова ее отыскивать, что не всегда бываетъ легко, тогда какъ при параллактической установкѣ инструмента въ этомъ отношеніи можно быть совершенно спокойнымъ. Поэтому параллактический инструментъ является самымъ удобнымъ и самымъ удобнымъ приборомъ какъ для отысканія яркихъ звѣздъ днемъ, такъ и для наблюденія ночью.

такихъ свѣтилъ, которыя совершенно недоступны невооруженному глазу. При помощи этого инструмента можно отыскивать требуемую звѣзду и вообще производить наблюдения почти безъ всякихъ вычислений, какъ это мы видѣли на предыдущихъ примѣрахъ. Если наблюдатель пропустилъ тотъ моментъ, для котораго сдѣлана установка, то нужно лишь увеличить часовой уголъ на величину, равную протекшему промежутку времени, такъ какъ изъ двухъ величинъ, опредѣляющихъ установку экваториала, мѣняется лишь часовой уголъ и притомъ равномерно.

§ 38. **Винтовой микрометръ.** Выше уже было упомянуто, что если зрительная труба наведена на какой-нибудь предметъ, то въ плоскости, перпендикулярной къ оси трубы и проходящей черезъ фокусъ последней, получается маленькое очень отчетливое изображение этого предмета, и что обыкновенно въ этой плоскости накладываютъ нѣсколько нитей, разделяющихъ поле зрѣнія телескопа на нѣсколько частей. Эти нити служатъ для болѣе точнаго опредѣленія положенія звѣзды, такъ какъ наблюдѣнiя можно производить какъ-разъ въ тотъ моментъ, когда звѣзда покрывается тою или другою нитью.

Выше мы описали лишь наиболее простую изъ такихъ сѣтокъ, состоящую изъ нѣсколькихъ вертикальныхъ параллельныхъ между собою нитей, пересѣченныхъ одной или двумя горизонтальными нитями, причемъ вертикальныя нити, напримѣръ, въ пассажномъ инструментѣ, служатъ для опредѣленія прямыхъ восхожденiй; если же наблюдѣнiя производятся меридианнымъ кругомъ, то, пользуясь горизонтальной нитью, можно опредѣлять еще и высоту, а следовательно и склоненiе свѣтила. Но если бы сѣтку нитей можно было устроить такъ, чтобы она служила не только для наблюдѣнiя моментовъ прохожденiя звѣзды черезъ нити, но и для измѣренiя на небѣ по крайвей мѣрѣ такихъ интерваловъ, которые бы не превосходили поля зрѣнiя трубы, то очевидно, что такое устройство сѣтки было бы очень удобно для наблюдѣнiя кометъ и планетъ. Снабженный такой сѣткой телескопъ нужно было бы завести на известную неподвижную звѣзду, находящуюся настолько близко отъ той планеты, падъ которой желаютъ произвести наблюдѣнiя, чтобы эта послѣдняя была видима въ полѣ зрѣнiя телескопа одновременно со звѣздой. Достаточно было бы затѣмъ измѣрить при помощи особой нити взаимное разстоянiе этихъ свѣтилъ, чтобы, считая же, зная координаты неподвижной звѣзды, найти положенiе, занимаемое планетой на небесномъ сводѣ.

Мы имѣемъ нѣсколько видовъ такихъ приспособленiй, устроенныхъ на различныхъ принципахъ: они называются микрометрами (*micrometers* — мѣры, *mètres* — мѣра) и названы, какъ показываетъ самое названiе, для измѣренiя малыхъ разстоянiй. Однимъ изъ наиболее простыхъ является такъ называемый винтовой микрометръ.

Въ подвижной части окуляра въ плоскости, проходящей черезъ фокусъ трубы и перпендикулярной къ ея оси, прирѣзана пластинка *HK* (рис. 309), съ круглымъ отверстиемъ посрединѣ; посрединѣ перекрѣстятся двѣ нити, изъ которыхъ, одна, *FG*, натянута горизонтально, другая, *DE*, — вертикально. Въ этой пластинкѣ прирѣзаны двѣ линейки *mm* и *m'*, которыя позволяютъ при помощи винта *Ac*, снабженнаго очень тонкой и тѣмъ-же оловянной наръжкой, передвигать третью пластинку, также съ круглымъ отверстиемъ посрединѣ и параллельную первой. Эта вторая пластинка снабжена горизонтальной нитью *n*, которая при передвиженiи плоскости въ ту или третью сторону при помощи винта *Ac* стремится въ параллельно нити *FG*. Къ головкѣ *A* винта прирѣзана индексъ *b*, который при троганiи винта указываетъ дѣленiя, нанесенныя на кругъ *B*, что позволяетъ отчетливо, напримѣръ, считать части полого оборота винта.

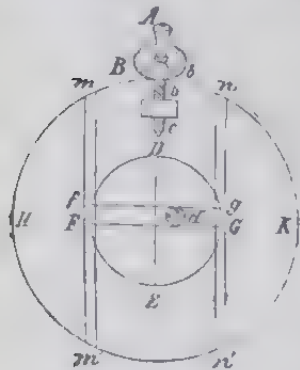


Рис. 309

Если известна въ секундахъ дуги величина одного оборота винта, то съ описаннымъ микрометромъ можно слѣдующимъ образомъ определить разности прямыхъ восхожденій и склоненій двухъ близкихъ другъ къ другу звѣздъ.

Сначала надо установить нить *FG* параллельно плоскости экватора, для этого до начала наблюдений вводить звѣзду въ поле зрѣнія трубы и при помощи особаго винта устанавливаемъ пластинку *HK* такъ, чтобы звѣзда при своемъ движеніи въ поле зрѣнія постоянно оставалась на нити *FG*. Когда это выполнено, наводимъ подвижную нить *fg* на одну изъ двухъ звѣздъ во время ея прохожденія черезъ поле зрѣнія, отсчитываемъ дѣленіе круга *B*, укладываемо стрѣлкой *b*, и замѣчаемъ время прохожденія звѣзды черезъ неподвижную нить *DE*, которая при описанномъ выше положеніи съѣлки находится съ плоскости круга склоненія. То же самое производится и съ другою звѣздой, слѣдующею за первой. Разность отсчетовъ по кругу *B*, умноженная на величину одного оборота гвинта, выраженную въ секундахъ дуги, прямо даетъ разность склоненія двухъ звѣздъ, а разность времени ихъ прохожденія черезъ нить *DE* представляетъ собою разность ихъ прямыхъ восхожденій.

Величину одного оборота винта проще всего можно найти изъ измѣренія разности склоненій двухъ извѣстныхъ звѣздъ. Положимъ, напримѣръ, что эта разность равна дугаркѣ  $16 = 960''$  и что, для того, чтобы перевести нить *fg* съ одной звѣзды на другую, нужно было сдѣлать 20,25 оборотовъ винта, тогда величина одного оборота будетъ очевидно равна  $960 : 20,25 = 47,41''$ . Для этихъ опредѣленій особенно удобны яркія, уже нѣсколько разъ подвергнувшіяся самымъ тщательнымъ измѣреніямъ звѣзды группы  $\alpha$ , какъ, напримѣръ, Пеллуды, Ясли и т. п., въ которыхъ взаимное положеніе двухъ звѣздъ извѣстно съ очень большою точностью.

**§ 39. Позиціонный микрометръ.** Взаимное положеніе двухъ звѣздъ можно определить не только разностями прямыхъ восхожденій и склоненій, но также и ихъ взаимнымъ разстояніемъ и угломъ положенія, какъ это мы видели въ случаѣ двойныхъ звѣздъ (ч. сл. II, § 186). Пусть на рис. 310 *S* и *S'* суть двѣ звѣзды, тогда дуга *SS'* представляетъ собою ихъ взаимное разстояніе, и если мы мысленно проведемъ черезъ одну изъ звѣздъ, напримѣръ *S*, кругъ склоненія *ab*, который проходитъ черезъ сѣверный полюсъ при продолженіи его за точку *a*, то уголъ *aSS'*, считаемый отъ круга склоненія *sa* черезъ востокъ къ югу и т. д., называется угломъ положенія *S'* относительно *S*.



Рис. 310.

Винтовой микрометръ при его устройствѣ, описанномъ въ предыдущемъ параграфѣ, можетъ также служить для измѣренія разстояній и угловъ положенія, если только онъ снабженъ раздѣленнымъ кругомъ, плоскость котораго перпендикулярна къ оптической оси трубы, и который, такимъ образомъ, можетъ служить для опредѣленія угловъ положенія (позиціонный кругъ). Дѣйствительно, если, вращая весь микрометръ, мы приведемъ нить *DE* микрометра, изображеннаго на рис. 309, въ совпаденіе съ прямою *cd*, проходящею черезъ обѣ звѣзды, и введемъ неподвижную нить *FG* на одну изъ звѣздъ, скажемъ *S*, и, дѣйствуя винтомъ *Ac*, заставимъ нить *fg* пройти разстояніе отъ *S* до *S'*, то, зная число сдѣланныхъ винтомъ оборотовъ и величину каждаго оборота, мы прямо получимъ искомое разстояніе *SS'*. Дѣлье, на окружности пластинки *BHK* должны быть нанесены дѣленія, которыя отсчитываются при помощи нониуса, прикрѣпленнаго къ трубѣ. пользуясь этимъ приспособленіемъ, можно опредѣлять уголъ, на который повернуть былъ микрометръ, и, слѣдовательно, найти уголъ положенія. Для этого нить *DE* приводятъ въ совпаденіе съ кругомъ склоненія *ab*, или, что то же самое, перпендикулярную къ *DE* нить *FG* устанавливаемъ параллельно эква-

тору, замѣчаютъ соответственное дѣленіе позиціоннаго круга, вращаютъ затѣмъ весь приборъ до тѣхъ поръ, пока нить  $DE$  не совпадетъ съ прямой  $cd$ , и снова отсчитываютъ дѣленія круга. Разность двухъ отсчетовъ представляетъ собою величину угла положенія.

На рисункѣ 311 изображенъ микрометръ, построенный Фраунгоферомъ. Головка обозначенная цифрой 1, принадлежитъ винту, который перемѣщаетъ подвижную

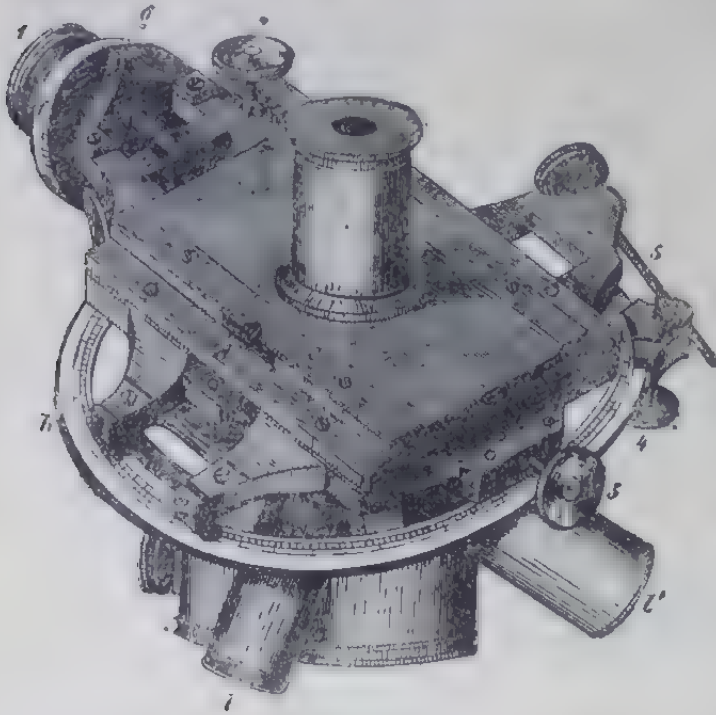


Рис. 311.

го приблизительной оцѣнкѣ. Положимъ, что величина одного оборота винта равна, напримѣръ  $25''$ , тогда  $\frac{1}{100}$  оборота представляетъ уже  $0,025''$ , т.-е. необыкновенно малую величину.

Ручка, обозначенная цифрой 2, позволяетъ перемѣщать одну верхнюю пластинку  $a$  вмѣстѣ съ окуляромъ; это даетъ возможность настраивать окуляръ на различныя части поля зрѣнія, причемъ положеніе нитей совершенно не измѣняется. Винтъ, обозначенный цифрой 3, служитъ для передвиженія зонкой пластинки  $c$ , въ которой прикрѣплены неподвижныя нити. Для измѣренія угловъ положенія служитъ кругъ  $k$ , по которому при вращеніи всего аппарата съ пластинками и окуляромъ вокругъ оптической оси телескопа скользитъ поперекъ  $l$ . Винты 4 и 5 служатъ для закрѣпленія аппарата и затѣмъ для сообщенія ему небольшихъ перемѣщеній въ томъ направленіи, куда считаются углы положенія. Наконецъ, трубки  $I$  и  $II$  прикрѣпляютъ маленькія лампочки, служащія для освѣщенія нитей въ полѣ зрѣнія. Эти лампочки освѣщаютъ нити со стороны окуляра, такъ что послѣднія представляются свѣтлыми линиями на темномъ фонѣ, что является необходимымъ при наблюденіи очень слабыхъ звѣздъ. При ранѣе описанныхъ способахъ освѣщенія нитей свѣтъ назначенныхъ для этой цѣли лампочекъ отражался отъ нитей въ сторону объектива, вслѣдствіе чего нити являлись черными полосками на свѣтломъ фонѣ; понятно, что въ этомъ случаѣ можно производить наблюденія лишь надъ достаточно яркими объектами.

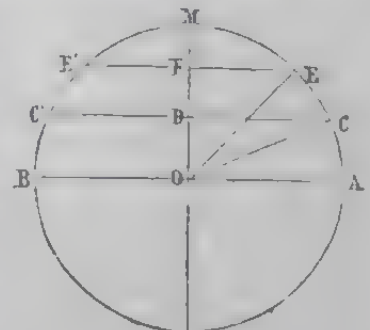


Рис. 312.



Измерения съ поличоннымъ микрометромъ предполагають возможность удерживать звѣзду въ полѣ зрѣнія достаточно долгое время; для этой цѣли служить часовой механизмъ, описанный въ § 35.

§ 40. **Кольцевой микрометръ.** Обыкновенное кольцо, установленное въ фокальной плоскости телескопа, очень часто употребляется какъ микрометръ, причемъ наблюдаютъ исчезновение звѣздъ въ точкахъ  $E$ ,  $C$  и т. д. (рис. 312) и новое ихъ появленіе изъ-за кольца въ точкахъ  $E$ ,  $C$  ... Если взять среднія изъ временъ исчезновения и появленія двухъ звѣздъ, то получаются моменты ихъ прохождения черезъ середины хордъ  $EE$  и  $CC$ , то-есть черезъ точки  $F$  и  $D$ , въ которыхъ эти хорды дѣлятся пополамъ перпендикулярами къ нимъ діаметромъ  $OM$ , но эта линія, перпендикулярная къ направлению суточного движения, представляетъ собою кругъ склоненія, поэтому разность найденныхъ моментовъ будетъ равна разности прямыхъ восхожденій наблюдаемыхъ звѣздъ.

Чтобы изъ наблюденія появленія и исчезновения двухъ звѣздъ можно было получить разность ихъ склоненій, нужно сначала выразить въ секундахъ дуги полухордъ  $FE$  и  $DC$ ; для этого достаточно половины промежутковъ, употребленныхъ звѣздами на прохожденіе хордъ  $EE$  и  $CC$  умножить на косинусъ склоненія этихъ звѣздъ, причемъ приближеннымъ образомъ склоненіе всякой наблюдаемой звѣзды намъ извѣстно. Если еще извѣстенъ радиусъ кольца, то изъ прямоугольныхъ треугольниковъ  $CDO$  и  $EFO$ , въ которыхъ двѣ стороны даны, не трудно найти и третьи стороны  $OE$  и  $OD$ , разность которыхъ  $DE$  и представляетъ собою разность склоненій двухъ звѣздъ.

Существуетъ много различныхъ способовъ для опредѣленія діаметра кольца; наиболее простой состоитъ въ томъ, что заставляютъ звѣзду, близкую къ экватору, пройти при неподвижно установленномъ телескопѣ черезъ центръ кольца и выражаютъ затѣмъ въ секундахъ дуги звѣздное время, протекающее отъ момента исчезновения звѣзды за кольцомъ до момента ея появленія. Если же пронаблюдать двѣ звѣзды, разность склоненій которыхъ равна приблизительно діаметру кольца, такъ что каждая изъ нихъ описываетъ очень маленькую хорду около самаго края кольца, то послѣ небольшого вычисленія получается наиболее точная величина діаметра. Разъ діаметръ кольца опредѣленъ, то нужно только заботиться о томъ, чтобъ микрометръ находился всегда на одинаковомъ разстояніи отъ объектива, такъ какъ съ увеличеніемъ этого разстоянія значеніе діаметра тоже будетъ мѣняться. Поэтому при такихъ инструментахъ установка окуляра по слову производителя независимо отъ микрометра, то-есть окуляръ можно передвигать, не трогая микрометра.

Имѣющаяся въ каждомъ телескопѣ діафрагма, ближайшая къ глазу наблюдателя и установленная внутри трубы, можетъ также служить кольцевымъ микрометромъ, если предварительно придать на токарномъ станкѣ ей отверстію совершенно круглую форму. Но еще удобнѣе пользоваться гонимымъ металлическимъ кольцомъ, укрѣпленнымъ при помощи штифтиковъ или при помощи прозрачной стеклянной пластинки въ плоскости отверстія діафрагмы. Если кольцо нѣсколько меньше этого отверстія, то представляется еще та выгода, что звѣзду можно видѣть въ полѣ зрѣнія до начала наблюденія, кромѣ того, является возможность дважды пронаблюдать ея исчезновение за краемъ кольца и появленіе изъ-за него. Описанные выше способы опредѣленія діаметра кольца представляютъ собой прекрасное средство для того, чтобы узнать, имѣютъ ли оба края кольца строго круглую форму, то-есть можно ли данное кольцо употреблять для микрометрическихъ наблюденій. Для этого нужно послѣ каждаго наблюденія звѣздной пары повернуть нѣсколько кольцо въ его плоскости, пронаблюдать прохожденіе звѣздъ черезъ другія точки кольца и посмотреть, получается ли изъ втораго наблюденія то же значеніе діаметра кольца, что и изъ перваго. Этотъ простой микрометръ можно рекомендовать потому, что, во-первыхъ, наши мастера могутъ придать пластинкѣ почти строго круглую форму; во-вторыхъ, наблюденія

съ нимъ можно производить при темномъ полѣ зрѣнія, тогда какъ въ вышеописанныхъ микрометрахъ требуется внутреннее освѣщеніе, которое позволяло бы видѣть сѣтку нитей; и, наконецъ, въ-третьихъ, этотъ микрометръ пригоденъ и для грубъ, не имѣющихъ параллаксической установки; поэтому онъ особенно удобенъ для тѣхъ любителей астрономіи, которые не могутъ приобрести дорогихъ инструментовъ.

§ 41. **Гелиометръ.** Принципомъ своего устройства этотъ инструментъ совершенно отличается отъ вышеописанныхъ микрометровъ, которые можно назвать окулярными микрометрами. Идея гелиометра состоитъ въ слѣдующемъ.

Такъ какъ объективъ телескопа даетъ изображеніе каждаго свѣтящагося предмета, то при двухъ объективахъ одинаковаго фокуснаго разстоянія получается два одинаковыхъ по величинѣ изображенія предмета, которыя тѣмъ дальше будутъ отстоять другъ отъ друга, чѣмъ больше уголъ между оптическими осями объективовъ. Бугеръ первый принялъ подобный инструментъ для опредѣленія діаметра солнца; это былъ обыкновенный телескопъ съ двумя объективами; впрочемъ, еще за нѣсколько лѣтъ до работъ Бугера англичанинъ Гервингтонъ Савери предложилъ инструментъ съ подобнымъ же устройствомъ, но на предложеніе этого ученаго не было обращено никакого вниманія. Одно изъ главныхъ неудобствъ такого прибора состоитъ, между прочимъ, въ томъ, что для того, чтобы имѣть возможность получить изображенія достаточно близко другъ къ другу, объективы должны быть очень малыхъ размѣровъ. Доллонду принадлежитъ блестящая идея, высказанная, повидимому, впервые французскимъ морскимъ офицеромъ Шарьеромъ въ 1767 году, разрѣзать линзу на двѣ части по плоскости, заключающей ея оптическую ось. Перемѣщая одну половину объектива относительно другой параллельно плоскости ихъ разрѣза, можно, по желанію, или получать изображенія довольно далеко другъ отъ друга, или же сближать какъ угодно и даже приводить въ совпаденіе. Для этой цѣли Доллондъ употреблялъ выпуклую линзу очень большаго радіуса кривизны; каждая половина была заключена въ особую оправу и могла быть перемѣщаемъ при помощи маленькой рукоятки независимо одна отъ другой; кромѣ того, инструментъ былъ снабженъ шкалой, позволявшей измѣрять величину перемѣщенія. Все это приспособленіе было помѣщено передъ объективомъ телескопа, почему и дали ему названіе объективнаго микрометра; названіе, которое, по справедливому замѣчанію Гизена, слѣдуетъ удерживать и для позднѣйшихъ приборовъ, представляющихъ собою лишь видоизмѣненіе только-что описаннаго микрометра, тогда какъ употребляемое теперь названіе гелиометръ произошло лишь вслѣдствіе его главнаго примѣненія для измѣреній солнечнаго діаметра.

Прекрасное изобрѣтеніе Доллонда было, конечно, большимъ шагомъ впередъ; теперь явилась возможность снабдить этимъ микрометромъ телескопъ съ большимъ отверстіемъ и измѣрять съ большою точностью самыя незначительныя углы. Съ другой стороны (если даже не принимать во вниманіе другихъ недостатковъ и неудобствъ), при вышеописанномъ устройствѣ число преломляющихъ и отражающихъ поверхностей телескопа увеличилось вдвое, что вызывало сильное уменьшеніе яркости изображеній. Чтобы устранить этотъ недостатокъ, Фраунгоферъ рѣшился не употреблять двѣ отдѣльныхъ половины линзы, а разрѣзать самый объективъ, и такимъ образомъ, предпринялъ очень трудную операцію, такъ какъ при этомъ объективъ, отъ котораго, главнымъ образомъ, зависитъ отчетливость изображеній въ телескопѣ, не долженъ претерпѣть ни малѣйшаго измѣненія. Для перемѣщенія половинокъ объектива Фраунгоферъ употреблялъ тщательно сдѣланный шпиль съ очень тонкой и вездѣ одинаковой парѣзкой, подобной тому, который употребляется въ позиционныхъ микрометрахъ. Гелиометръ явился, такимъ образомъ, въ высшей степени точнымъ аппаратомъ для измѣренія угловъ, доходившихъ до 1". Но и констракція Фраунгоферова имѣетъ еще много иногда даже довольно существенныхъ недостатковъ, устранить которые удалось лишь благодаря стараніямъ Рейсольда въ Гамбургѣ. На рисункѣ 313

изображенъ гелиометръ, построенный только-что названнымъ механикомъ для русской экспедици, снаряженной въ 1874 году для наблюдений прохождения Венеры. Чтобы имѣть возможность пользоваться этимъ инструментомъ на различныхъ широтахъ какъ экваториальномъ, его полярная ось устроена такъ, что, при помощи сегмента *K*, ее можно перемѣщать.

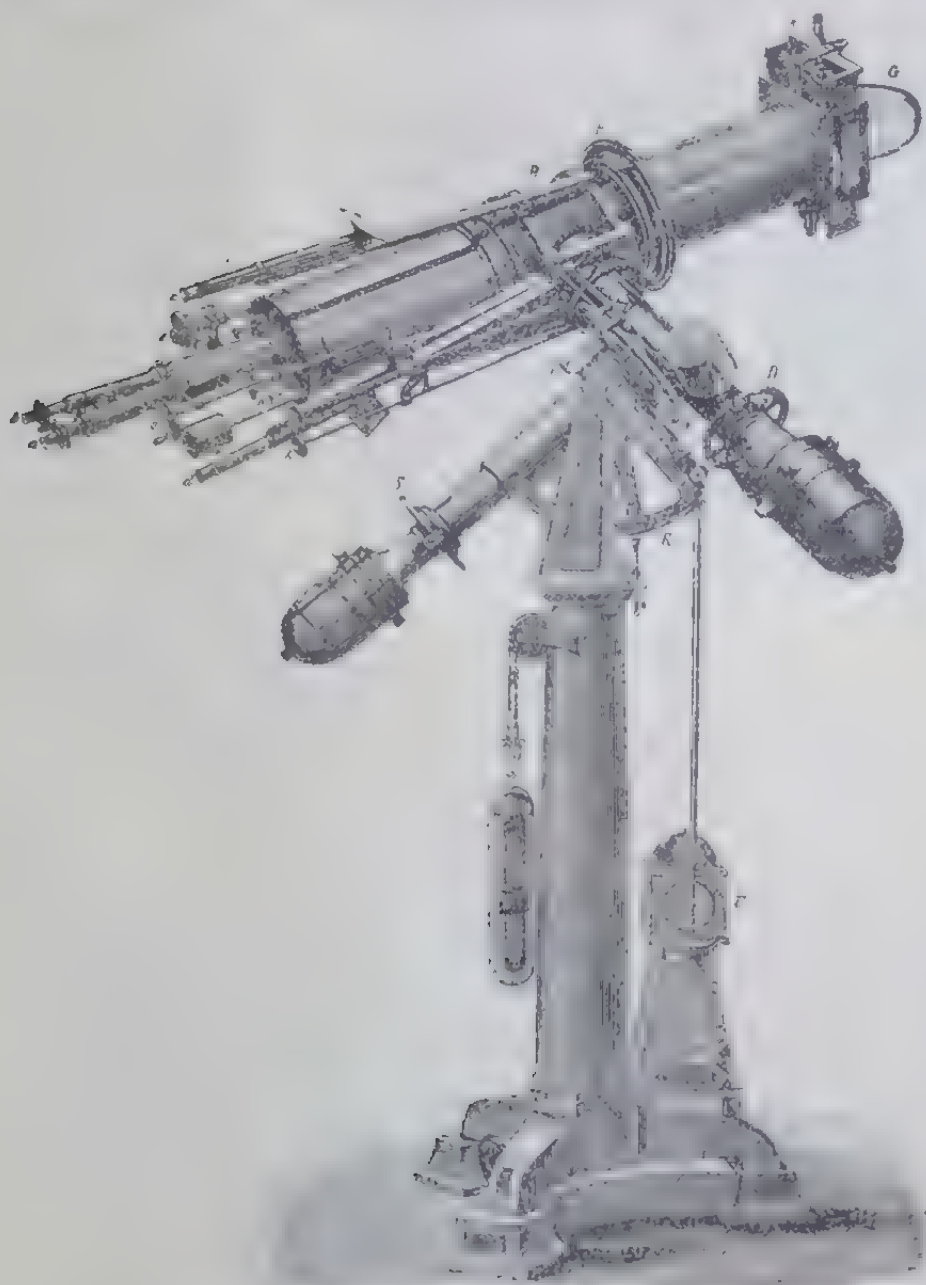


Рис. 313.

Приспособленіе *s*, позволяющее сдѣлать половинки объектива одну относительно другой, видно на рисункѣ лишь отчасти. Въмѣсто микрометрическихъ винтовъ Реасольда очень целесообразно употреблять шкалу, но и ее не видно на рисункѣ, такъ какъ она находится внутри телескопа и обеспечивается входящимъ во внутреннюю трубу микроскопомъ *b*. Дѣйствуя ключемъ *г*, можно прикрыть ту или другую половинку объектива проводочной

рышеткой  $G$ . Винты  $m$  и  $k$  служат для закрѣпленія круга склоненія и часового круга, которымъ сообщаютъ затѣмъ, въ случаѣ надобности, небольшія перемѣщенія винтами  $l$  и  $n$ . Наконецъ, изъ рисунка нетрудно видѣть, какимъ образомъ часовой механизмъ сообщаетъ прибору непрерывное равномерное движеніе вокругъ часовой оси, что позволяетъ удерживать зрѣлизу въ полѣ зрѣнія въ теченіе долгаго времени.

Чтобы произвести при помощи гелиометра простое измѣреніе угла, напримѣръ, чтобы измѣрить диаметръ планеты, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. При помощи ключа  $g$  располагаютъ сначала обѣ половинки объектива такъ, чтобы оба изображенія планеты совершенно совпадали и отсчитываютъ шкалу; затѣмъ раздвигаютъ, при помощи того же ключа  $g$ , обѣ половинки объектива настолько, чтобы изображенія планеты пришли въ соприкосновеніе, и снова отсчитываютъ шкалу. Понятно, что во второмъ случаѣ изображенія отодвинуты отъ ихъ первоначальнаго положенія на разстояніе, равное диаметру планеты. Такъ какъ совпаденіе двухъ кружковъ наблюдается съ меньшей точностью, чѣмъ ихъ касаніе, то лучше сначала привести оба изображенія въ соприкосновеніе, и затѣмъ перевести одно изображеніе черезъ другое такъ, чтобы они коснулись противоположными краями. При этомъ изображенія будутъ передвинуты на два диаметра планеты, и, чтобы опредѣлить послѣдній, достаточно найденный уголъ раздѣлить пополамъ.

Чтобы можно было опредѣлять не только разстоянія, но и углы положенія, что необходимо, напримѣръ, при наблюденіи двойныхъ звѣздъ, объективъ у гелиометра фраунгоферовской конструкціи можетъ вращаться (подобно тому, какъ и позиціонные микрометры) вокругъ оптической оси и снабженъ



Рис. 314.

раздѣленнымъ кругомъ для отсчитыванія угловъ положенія. Наоборотъ, въ новыхъ револьверскихъ инструментахъ вращается вся окулярная половина телескопа, для чего служитъ чугунная муфта  $B$ , укрѣпленная на концѣ оси склоненія. Ручка  $e$  позволяетъ вращать трубу на большіе углы, небольшія же измѣненія совершаются при помощи ключа  $f$ . При этомъ отсчеты позиціоннаго круга  $P$  производятся двумя микроскопами  $c$  и  $d$ . Положимъ теперь, что требуется опредѣлить разстояніе и уголъ положенія звѣздной пары  $SS'$  (рис. 314); для этого, прежде всего, вращаютъ объективъ

вокругъ оптической оси телескопа до тѣхъ поръ, пока линія его разрыва не сдѣлается параллельною линіи  $cd$ , проходящей черезъ данную звѣзду. Это положеніе объектива опредѣляется тѣмъ, что тогда два изображенія  $ss$  отъ одной половины объектива лежатъ на одной прямой съ двумя изображеніями  $SS'$ , полученными отъ другой половины. Затѣмъ отодвигаютъ изображенія  $ss$  до тѣхъ поръ, пока разстоянія  $ss$ ,  $ss'$ ,  $SS$  не будутъ равны другъ другу. При этомъ отсчетъ шкалы претегавитъ собой двойное разстояніе между звѣздами. Если позиціонный кругъ стоитъ какъ разъ на нуль въ то время, когда линія разрыва объектива параллельна кругу склоненія  $ab$  звѣзды  $S$ , то отсчетъ этого круга прямо даетъ величину угла положенія. Чтобы опредѣлить, двѣтъливно ли точка нуля на кругѣ занимаетъ такое положеніе, а если нѣтъ, то чтобы опредѣлить, насколько она отклоняется отъ этого положенія, пользуются слѣдующимъ приемомъ. Положимъ, что въ полѣ зрѣнія телескопа натянуты двѣ взаимно перпендикулярныя нити, опредѣляющія своимъ пересѣченіемъ некоторую точку. Въ такомъ случаѣ, для вышеуказанной цѣли раздвигаютъ обѣ половинки объектива, чтобы получить два изображенія одной и той же звѣзды, затѣмъ, сообщая всему телескопу движеніе по часовому углу и склоненію и вращая соотвѣтствующимъ образомъ объективъ параллельно позиціонному кругу, стараются подыскать такое положеніе инструмента, чтобы при движеніи его по одному склоненію оба изображенія выбранной звѣзды проходили послѣдовательно черезъ точку пересѣченія нитей. При выполненіи этого условія линія разрыва объектива будетъ параллельна кругу склоненія,

и въ этомъ положеніи указатель позиціоннаго круга долженъ стоять на нуль; въ противномъ же случаѣ сдѣланный отсчетъ прямо дастъ ошибку индекса.

Теперь намъ нужно описать еще рядъ инструментовъ, которые не служатъ для опредѣленія положеній звѣздъ, но употребляются для разныхъ другихъ астрономическихъ изслѣдованій. Къ числу такихъ инструментовъ относятся, прежде всего, спектральные аппараты, которые играютъ такую большую роль въ современной астрономіи. Но мы дадимъ здѣсь только краткое описаніе этихъ инструментовъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы подробно излагать оптику, что не входитъ въ рамки нашего сочиненія. То же самое относится и къ тѣмъ телескопамъ, которые служатъ для фотографированія небесныхъ свѣтилъ, такъ какъ подробное описаніе этихъ инструментовъ и изложеніе способовъ



Рис. 315.

обращенія съ ними возможно лишь послѣ основательнаго знакомства съ оптикой и съ техникой фотографированія. Поэтому за подробностями относительно этихъ инструментовъ мы должны отослать нашихъ читателей къ специальнымъ сочиненіямъ.

Мы можемъ указать, между прочимъ, на практическое руководство Конколиса для производства астрономическихъ наблюденій, гдѣ особое вниманіе обращено на астрофизику; это сочиненіе представляетъ собою въ высшей степени подробное описаніе всѣхъ новѣйшихъ астрономическихъ приборовъ и содержитъ много историческихъ справокъ и прекрасныхъ рисунковъ.

**\* § 41,а. Астрофизическіе приборы.**

Число приборовъ, служа-

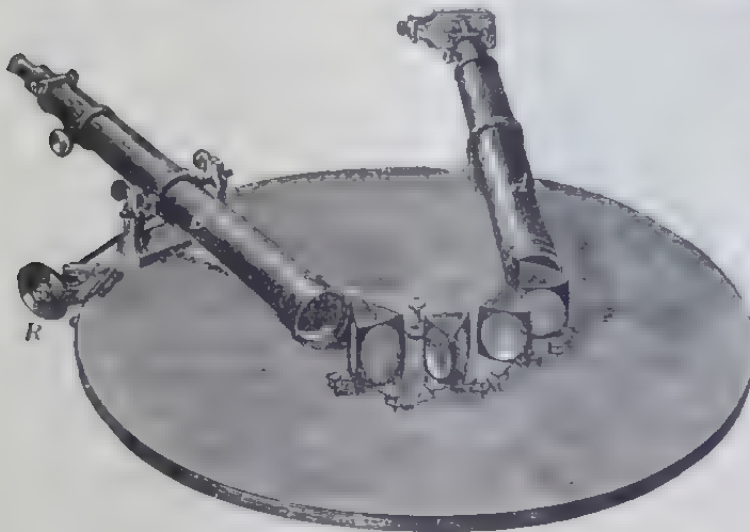


Рис. 316.

щихъ для спектральныхъ изслѣдованій, весьма велико. Къ такимъ приборамъ принадлежатъ спектросоны, спектрометры, спектрографы и т. п. Кроме того, приборы, относящіеся къ одному какому-нибудь изъ перечисленныхъ типовъ, могутъ значительно отличаться другъ отъ друга по своему устройству. Конечно, мы здѣсь не будемъ описывать

всѣхъ этихъ приборовъ, а только вкратцѣ познакомимъ читателей съ устройствомъ нѣкоторыхъ изъ нихъ, и, сообразно съ цѣлью нашей книги, этого будетъ совершенно достаточно.

Въ § 8 второй части этой книги былъ объясненъ принципъ, на которомъ основано устройство спектроскопа, и на рис. 78 была изображена схема простого спектроскопа.

Этой схемѣ соответствуетъ спектроскопъ, представленный на рис. 315 (стр. 867). Онъ состоитъ изъ штатива, къ столыку котораго прикрѣплена вертикально призма, и изъ трехъ трубъ. Труба, расположенная справа, есть коллиматоръ, черезъ который проходятъ лучи отъ изслѣдуемаго источника свѣта. Съ лѣвой стороны находится труба, въ которую разматривается спектръ, получаемый при помощи призмы. Наконецъ, труба, находящаяся на переднемъ планѣ, служитъ для того, чтобы отбросить въ глазъ наблюдателя изображенія раздѣленной шкалы, освѣщенной свѣчей, послѣ полного внутренняго ея отраженія въ призмѣ. Такимъ образомъ, наблюдатель видитъ одновременно и спектръ, и шкалу, и благодаря этому, пользуясь шкалой, можно сравнивать между собой положеніе отдѣльных спектральныхъ линій.

Вышеописанный спектроскопъ служитъ для простѣйшихъ изслѣдованій и, главнымъ образомъ, для изученія спектровъ земныхъ источниковъ свѣта. Для болѣе же точныхъ изслѣдованій и особенно для астрономическихъ цѣлей употребляется такъ называемый сложный спектроскопъ, состоящій изъ нѣсколькихъ призмъ. Спектроскопъ такого типа изображенъ на рис. 316 (стр. 867) Этотъ спектроскопъ представляетъ выдающійся историческій интересъ, такъ какъ именно такого рода приборъ былъ построенъ Штейнгейлемъ по указаніямъ Кирхгофа, который и воспользовался имъ для своихъ

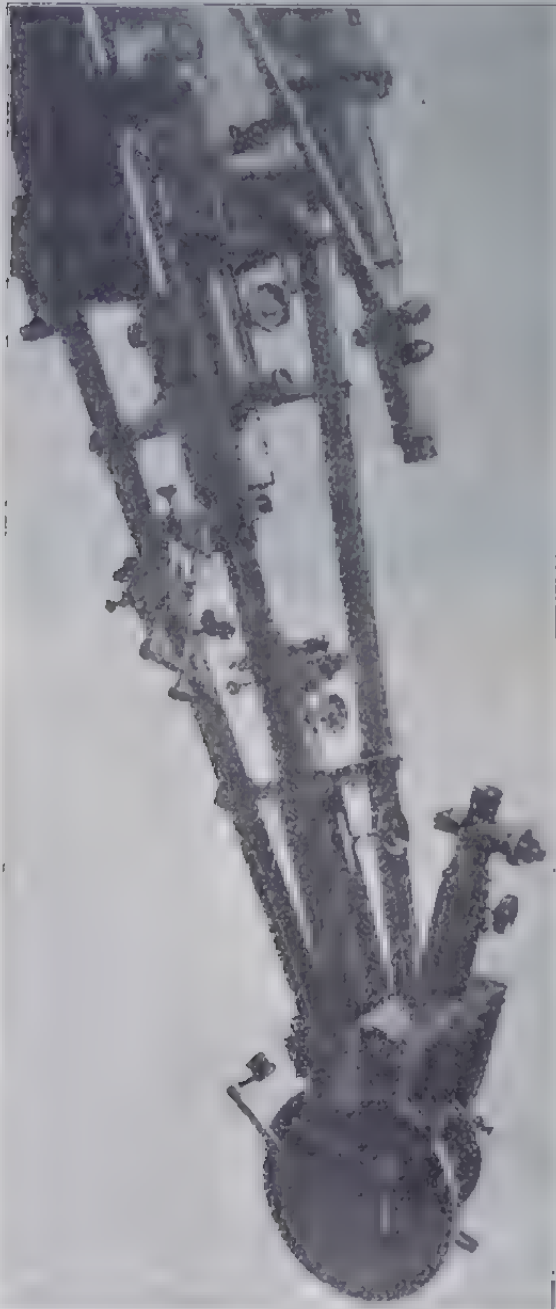


Рис. 317

всѣхъ весьма тщательныхъ изслѣдованій, приведшихъ его къ его важнымъ открытіямъ. Этотъ спектроскопъ состоитъ изъ 4-хъ флинтововаго призмъ: у первыхъ трехъ призмъ преломляющій уголъ составляетъ  $45^\circ$ , а у четвертой —  $60^\circ$ . Лучъ изслѣдуемаго свѣта, пройдя черезъ коллиматоръ *A*, падаетъ на первую призму, затѣмъ, преломившись въ ней, свѣтъ встрѣчаетъ вторую призму, которая какъ и первую поворачиваетъ такъ называемъ

мое свѣторазсѣяніе, т.-е. сильно раздѣляетъ близкія другъ къ другу спектральныя линіи. То же самое повторяется при прохожденіи свѣта черезъ третью и четвертую призмы. Поэтому про такой спектроскопъ говорятъ, что онъ обладаетъ большимъ свѣторазсѣяніемъ. Всѣ призмы въ описываемомъ спектроскопѣ помѣщаются на небольшихъ треногахъ, снабженныхъ подъемными винтами, такъ что ихъ можно съ руки устанавливать въ надлежащемъ положеніи. Коллиматоръ *A* прикрѣпленъ неподвижно къ круглому чугунному столу, между тѣмъ какъ труба *B*, служащая для разсматриванія спектра, снабжена винтомъ *R*, при помощи котораго она можетъ быть вращаема въ небольшихъ предѣлахъ вокругъ центра стола. На окружности этого стола нанесены дѣленія, благодаря чему при помощи этого спектроскопа можно производить измѣренія.

Далѣе мы опишемъ спектроскопъ, принадлежащій обсерваторіи въ Аллегени. Главную часть этого спектроскопа, изображеннаго на рис. 317 (стр. 868), составляетъ не призма и не система призмъ, какъ въ предыдущихъ случаяхъ, а рѣшетка Роулянда. Такая рѣшетка, представляющая собою рядъ весьма близкихъ другъ къ другу черточекъ, нанесенныхъ на стеклянной пластинкѣ, даетъ спектръ не вслѣдствіе преломленія, а вслѣдствіе отраженія. Рѣшетка, принадлежащая описываемому здѣсь спектроскопу, заключаетъ 14388 черточекъ на одномъ дюймѣ и обладаетъ бoльшимъ свѣторазсѣяніемъ. Этотъ спектроскопъ привинчивается къ 13-дюймовому рефрактору (экваторіалу) Аллегенской обсерваторіи, и свѣтъ, выйдя изъ телескопа, проходитъ черезъ коллиматоръ, помещающійся между телескопомъ и рѣшеткой, затѣмъ падаетъ на рѣшетку и, уже отразившись отъ нея, попадаетъ въ зрительную трубу, служа-



Рис. 318.

щую для разсматриванія спектра и для измѣренія положенія спектральныхъ линій. Замѣтимъ кстати, что всякій спектроскопъ, дающій возможность производить измѣренія, можетъ быть названъ также спектрометромъ. Въ спектроскопѣ, изображенномъ на рис. 317 (стр. 868), оптическія оси коллиматора и зрительной трубы, служащей для разсматриванія спектра, составляютъ между собою уголъ въ  $60^\circ$ . Объективъ только-что упомянутой зрительной трубы имѣетъ въ отверстіи 1,2 дюйма и обладаетъ фокуснымъ расстояніемъ въ 10 дюй-

мовъ: окуляръ допускаетъ увеличенія въ 5,6, 12,5 и 25 разъ. Все детали въ устройствѣ этого спектрокона настолько практичны и остроумны, что наблюденія при помощи него производятся весьма легко и точно.

На рис. 318 (стр. 869) изображенъ принадлежащий той же обсерватори спектрографъ, т.-е. приборъ, служащій для фотографирования спектровъ. Главную часть этого спектрографа составляетъ система флиннглассовыхъ призмъ съ преломляющимъ угломъ въ  $60^\circ$ . При помощи этого спектрографа можетъ быть снята часть спектра, заключающаяся между линиями *C* и *H* (часть II, § 5) Употребляемыя для фотографирования пластинки имѣютъ размѣръ  $2 \times 3$  англійскихъ дюйма. Лучъ, идущій отъ звѣзды, пройдя черезъ коллиматоръ, съ одной стороны, послѣ преломленія въ призмахъ, вступаетъ въ фотографическую камеру, съ другой стороны, еще до разложенія на простые двойные лучи, попадаетъ въ особую маленькую зрительную трубу, при помощи которой наблюдатель можетъ, такимъ образомъ, слѣдить за звѣздой.

При спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ небесныхъ свѣтилъ часто также употребляется объективная призма. Пикерингъ при своемъ обширномъ спектроскопическомъ обозрѣніи неба съ большимъ успѣхомъ пользовался именно объективной призмой, т.-е. призмой, поставленной передъ объективомъ телескопа. Въ этомъ случаѣ нѣтъ надобности ни въ щели, ни въ коллиматорѣ. Подобный приборъ употреблялся еще Фраунгоферомъ въ 1823 году для наблюденія спектровъ неподвижныхъ звѣздъ. Впослѣдствіи тою же идеею воспользовались Ресниги и Секки, но безъ особеннаго успѣха. Затѣмъ Мерцъ въ Мюнхенѣ существенно усовершенствовалъ этотъ приборъ, который въ настоящее время пользуется полнымъ довѣріемъ со стороны астрономовъ. Большое поле зрѣнія, которое представляетъ труба съ объективной призмой, дѣлаетъ возможнымъ, между



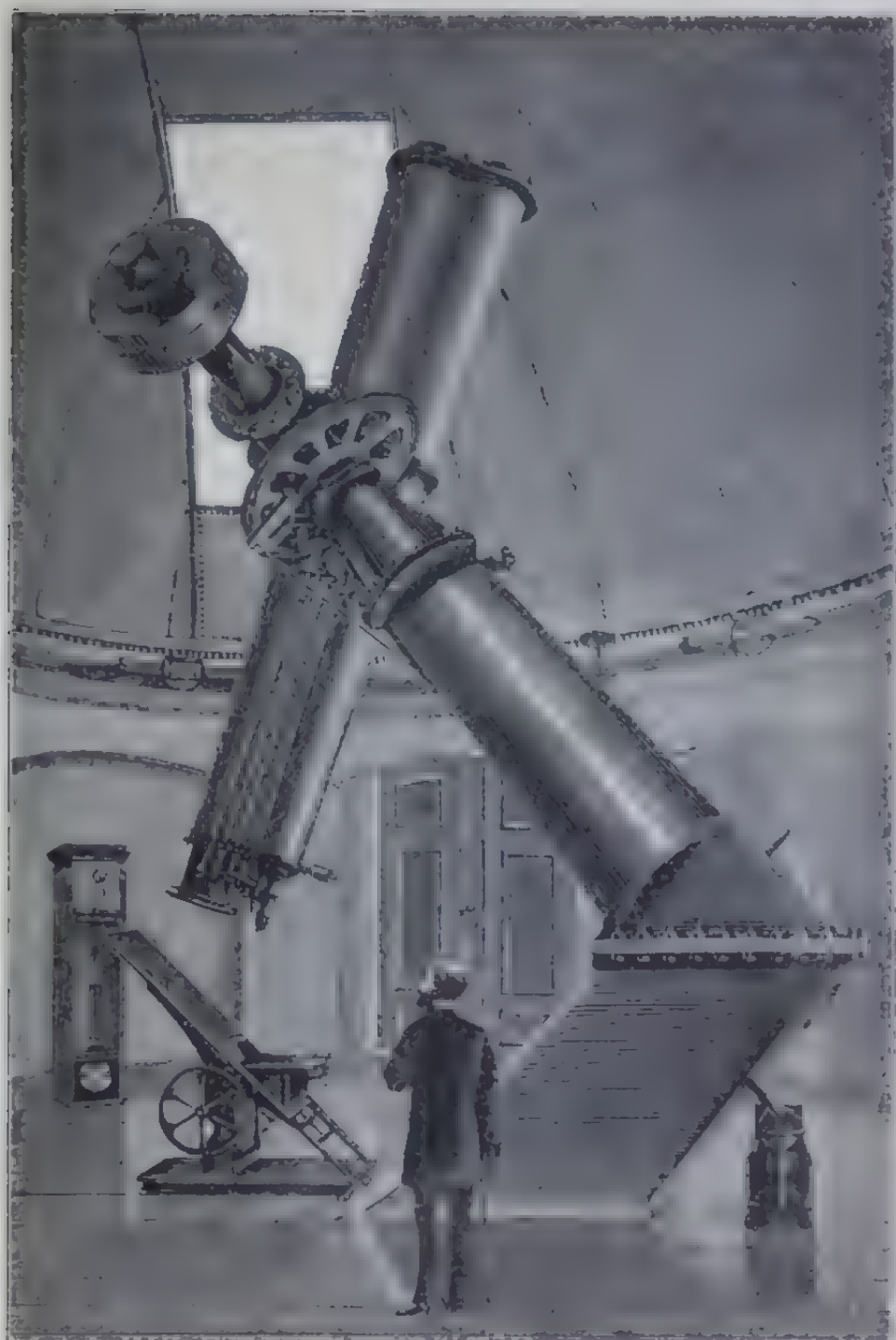
Рис. 319.

прочимъ, спектроскопическое фотографированіе цѣлыхъ звѣздныхъ группъ.

Въ новѣйшее время Норманъ Локьеръ увеличилъ число приборовъ, служащихъ для изслѣдованія солнца, построивъ свою призматическую камеру. Идея этого прибора, изображеннаго на рис. 319, весьма проста. Призматическая камера Локьера есть не что иное, какъ параллактически установленная труба, снабженная шкалемъ и часовымъ механизмомъ, оканчивающаяся вмѣсто окуляра фотографической камерой и имѣющая передъ своимъ шестидюймовымъ объективомъ большую призму. Такую призматическую камеру Локьеръ впервые построилъ для солнечнаго затмѣнія 1893 года. О результатахъ, получаемыхъ при помощи этого прибора, мы уже говорили въ главѣ о солнцѣ.

Если спектръ солнца излучается при помощи спектрокона, не привинченнаго къ экватору съ часовымъ механизмомъ, то необходимо имѣть особое приспособленіе, при помощи котораго лучи, посылаемые къ намъ перемѣщающимся по небу солнцемъ, постоянно направляются въ этотъ спектроконъ. Такое приспособленіе носитъ названіе телостата. На рис. 320 (стр. 871) изображенъ телостатъ Зильбермана. Въ этомъ приборѣ зеркало *mm* составляетъ одно цѣлое съ перпендикулярною къ его плоскости цангалю *mf* составчатого шарнира *mn* — *mf*, одна сторона котораго *mn* параллельна падающему лучу *Sol*, а другая





Астрографъ Пулковской обсерваторіи.

отраженному  $oR$ . Часовой механизм, помещенный в коробѣ  $H$ , вращаетъ всю дугу  $Cs$  вокругъ оси  $F$ , параллельной оси мира, а рамки, поддерживающія зеркало, вращаются вокругъ осей  $Co$  и  $oF$ . Поэтому перпендикуляръ  $oN$  къ зеркалу естъ собою постоянно остается въ плоскости обоихъ лучей, и движеніе продолжится свободно во все время дня, отъ восхода до заката. Помощью дуги, находящейся внизу и не обозначенной на рисункѣ никакой буквой, наклонъ оси устанавливають по широтѣ мѣста наблюденія, потомъ винтомъ  $D$  завинчивають  $Cs$  такъ, чтобы указатель стоялъ на дѣленіи обозначающемъ мѣсяцъ и число дня наблюденія, причемъ на другой поверхности этой дуги помѣсь показеть соответственное склоненіе солнца. Тогда останется поставить стрѣлку циферблата  $BB$  на истинное время наблюденія, пустить въ ходъ механизмъ и поворачивать весь приборъ вокругъ вертикальной оси его основанія до тѣхъ поръ, пока дуга, проходящая черезъ дырочку визира  $S$ , не упадетъ на средину пластинки  $p$ . Направить отраженный лучъ на желаемое мѣсто можно, передвигая дугу  $rr'$  и поворачивая ея плоскость вокругъ оси мира при посредствѣ винтовъ  $A$  и  $E$ .

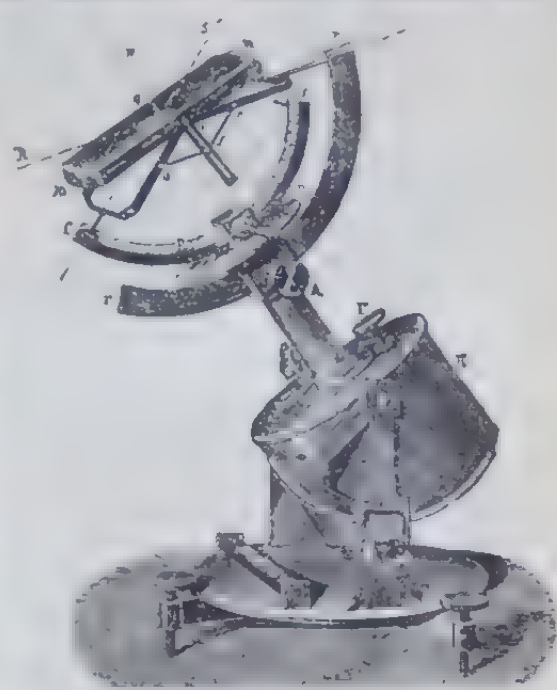


Рис. 30.

Въ новѣйшее время фотографированіе неба играетъ весьма важную роль въ астрономіи. Въ виду того, что астроному приходится фотографировать небесныя свѣтила, постоянно мѣняющія свое мѣсто на небесной сферѣ вслѣдствіе вращенія земли, инструмента, служащій для фотографирования неба, долженъ быть снабженъ часовымъ механизмомъ. Съ другой стороны, астрономъ долженъ постоянно слѣдить за правильностью хода этого часового механизма, а для этой цѣли можетъ служить искатель, оптическая ось котораго должна быть параллельна оптической оси фотографической трубы. Въ такой искатель астрономъ можетъ слѣдить за тѣмъ, чтобы звезда въ теченіе всего фотографированія оставалась постоянно на пересѣченіи нитей, натянутыхъ въ фокусѣ искателя. Фотографическую трубу и трубу-искатель, по почину братьевъ Ариэ въ Парижѣ, помещають въ одну общую оболочку. На основаніи изложенныхъ принциповъ и строится въ настоящее время нѣкоторыя инструменты, предназначенные для фотографирования неба. Изъ этихъ инструментовъ при семъ таблицѣ изображенъ фотографическій рефракторъ (экваториаль) призматическаго астрономической обсерваторія въ Погодамѣ около Берлина. Фотографическій рефракторъ иначе называется астрографомъ. Совершенно подобный же астрографъ у насъ въ Россіи имѣется на Пулковской обсерваторіи. Оба эти астрографа построены братьями Рение и Гальдѣ въ Гамбургѣ. Только-что упомянутая таблица показываетъ, что у пулковскаго астрографа вся подставка имѣетъ направленіе оси мира, если не считать не одного нижняго кольца. При такой монтировкѣ дѣлаются возможныя передвѣженія трубы во всѣхъ ея положеніяхъ, чего нельзя сказать про монтировку, обыкновенно употребляемую для рефракторовъ (экваториаль). Труба, какъ показываетъ таблица, обладаетъ почти элиптич. ходомъ, съчнемъ. Это происходитъ отъ того, что въ одной оболочкѣ, какъ выше было

сказано, соединены двѣ трубы, оптическія оси которыхъ параллельны между собою. Фотографическій объективъ съ свободнымъ отверстиемъ въ 13 дюймовъ даетъ изображение небнаго предмета на фотографической пластинкѣ, выходящей въ кассетъ, помещенной на

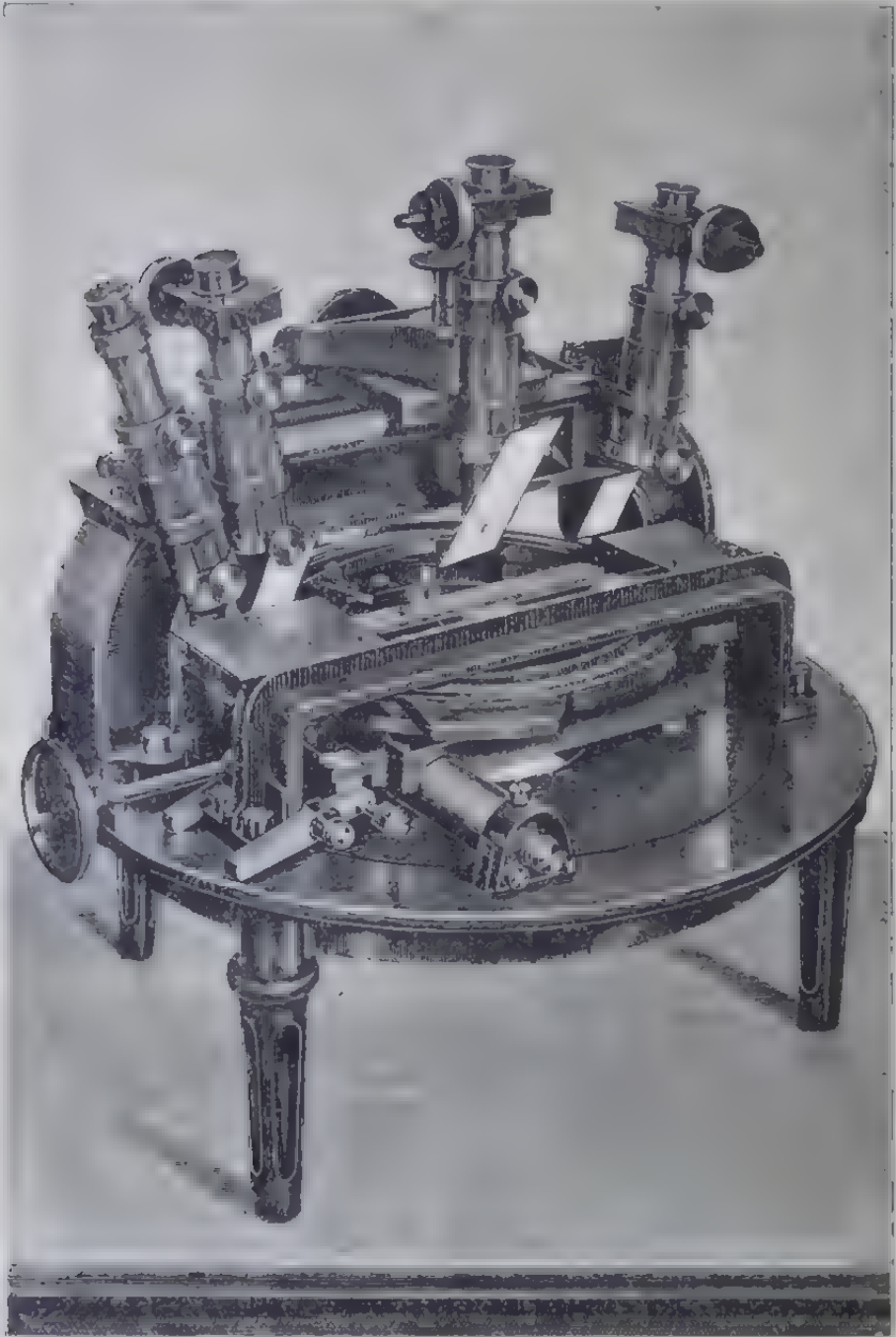


Рис. 321.

противоположномъ (окулярномъ) концѣ трубы. Объективъ, служащій для визуальныхъ наблюдений (для наблюдений глазомъ), а также для удержанія фотографируемой звезды на пересѣченіи нитей, имѣетъ въ діаметрѣ 9 дюймовъ. Часовой механизмъ помещается внизу направо.

Но недостаточно только сфотографировать какой-нибудь небесный объект, напр., двойную звезду, звездную группу и т. п.; необходимо еще произвести измѣренія на фотографической пластинкѣ съ цѣлью опредѣленія какъ относительнаго, такъ и абсолютнаго положенія снятыхъ звездъ. Для подобнаго рода измѣреній служить особымъ приборомъ, изображенный на рис. 321 (стр. 872). Этотъ приборъ построенъ братьями Редсольдъ въ Гамбургѣ и можетъ служить, съ одной стороны, для измѣренія углового разстоянія между двумя светилами и угла положенія, съ другой стороны, для опредѣленія прямоугольныхъ координатъ. Положимъ, что на фотографической пластинкѣ имѣются двѣ пересѣкающіяся взаимно перпендикулярныя прямая лини. Въ такомъ случаѣ разстоянiя звездъ отъ этихъ двухъ линій и называются прямоугольными координатами. Зная прямоугольныя координаты различныхъ звездъ, запечатлѣвшихся на пластинкѣ, можно затѣмъ вычислить разности ихъ прямыхъ восхожденiй и склоненiй. А зная прямое восхожденiе и склоненiе какой-нибудь одной изъ этихъ звездъ, мы опредѣлимъ прямыя восхожденiя и склоненiя и всѣхъ остальныхъ, т.-е. вычислимъ ихъ абсолютныя положенiя на небѣ. Положенiе же этой одной звезды должно быть опредѣлено, напр., при помощи меридианнаго круга. Приборъ для измѣренiя фотографическихъ пластинокъ, изображенный на рис. 321 (стр. 872), принадлежитъ обсерватори Куфнера въ Виль (Оттакрихъ). Вдвигаться въ большія подробности относительно этого прибора мы не будемъ, такъ какъ это не можетъ представить интереса для широкой публики.

Въ числу астрофизическихъ приборовъ долженъ быть отнесенъ также актинометръ, о которомъ мы упоминали во второй части книги, въ главѣ о солнцѣ (часть II, § 24). Актинометромъ Гершель назвалъ изобрѣтеныи имъ въ 1834 г. инструментъ, служившій для измѣренiя нагревательной силы солнечныхъ лучей. Нѣсколько позже, а именно въ 1838 году, Пулье изобрѣлъ такъ называемый виргелиометръ, который изъ всѣхъ актинометровъ имѣетъ самое большое значенiе. Въ общемъ онъ состоитъ изъ цилиндрическаго серебрянаго сосуда *a'ba* (рис. 322), крышка котораго установлена перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ; сосудъ наполненъ водою, въ которую погруженъ шарикъ очень чувствительнаго термометра, помещающагося въ трубкѣ *m*; крышка, воспринимающая лучи, покрыта сажею, для большаго ихъ поглощенiя. Измѣненiя температуры воды въ опредѣленное время вычисляютъ количество поглощеннаго тепла на вѣстную площадь въ данное время. Къ этому надо еще прибавить ту теплоту, которую воспринимающая поверхность теряетъ черезъ лучеиспусканiе. Для опредѣленiя этого количества теплоты устанавливаютъ актинометръ такъ, чтобы воспринимающая поверхность была обращена въ ту сторону неба, гдѣ нѣтъ солнца, и по пониженiю температуры вычисляютъ потерянное количество тепла.

Здѣсь же необходимо сказать нѣсколько словъ о болометрѣ (часть II, § 59), т.-е. весьма точномъ измѣрителѣ тепловыхъ лучей, посылаемыхъ къ намъ, напр., солнцемъ или звездами. Болометръ, изобрѣтанный американскимъ ученымъ Ланглеемъ, позволяетъ изучать распределенiе теплоты въ различныхъ частяхъ солнечнаго спектра. Рис. 323 (стр. 874) показываетъ, какимъ образомъ болометръ *B* связанъ со спектроскопомъ. Лучи отъ светила проходятъ черезъ коллиматоръ *L* и, преломившись въ призмѣ *P*, падаютъ на зеркало *M*, которое и посылаетъ ихъ по направленiю къ болометру *B*. Въ болометрѣ *B* теплоты входящихъ до него лучей дѣйствуетъ на металлическую пластинку или проволоку, по которой проходятъ

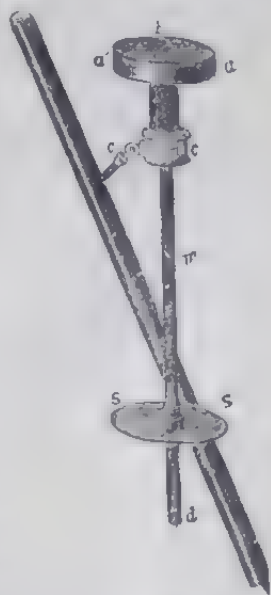


Рис. 322.

гальванической токъ. Результатъ такого дѣйствія заключается въ томъ, что при нагреваніи проволоки, проходящей въ ней токъ ослабѣваетъ; съ восстановленіемъ первоначальной температуры онъ получаетъ прежнюю силу, а съ охлажденіемъ ея усиливается. Такъ какъ сила гальваническаго тока измѣряется его дѣйствіемъ на подвижную магнитную стрѣлку, составляющую часть описываемаго прибора, то при дѣйствіи тепла на проволоку магнитная стрѣлка будетъ болѣе или менѣе отклоняться отъ первоначальнаго своего положенія. Боллометръ Ланглея отличается большою чувствительностью, и въ немъ магнитная стрѣлка показываетъ малѣйшія измѣненія въ силѣ тока. О результатахъ, которые были получены при помощи актиметра и боллометра, было сообщено въ главѣ о солнцѣ.

Въ заключеніе этого параграфа опишемъ приборъ, который служитъ для измѣренія яркости звѣздъ. Такого рода приборы называются фотометрами. На рис. 324 изображенъ фотометръ Цельнера. На штативѣ находится подвижная ось *i*, на которой укреплена горизонтальная ось *с* съ сосудомъ *а* для керосина. Сосудъ этотъ соединенъ трубкою съ лампой, къ которой доступъ воздуха происходитъ черезъ трубку *g*, *b* есть зрительная труба, уравни-

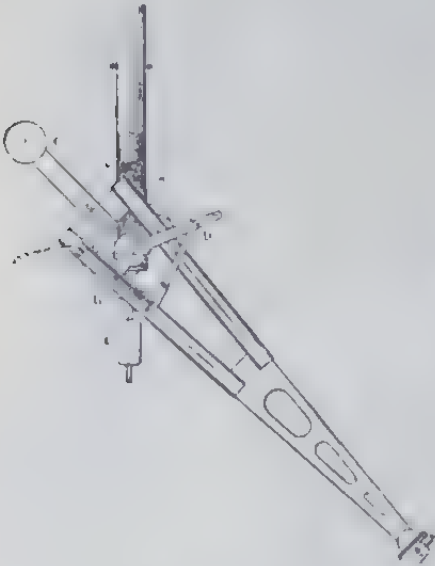


Рис. 323.

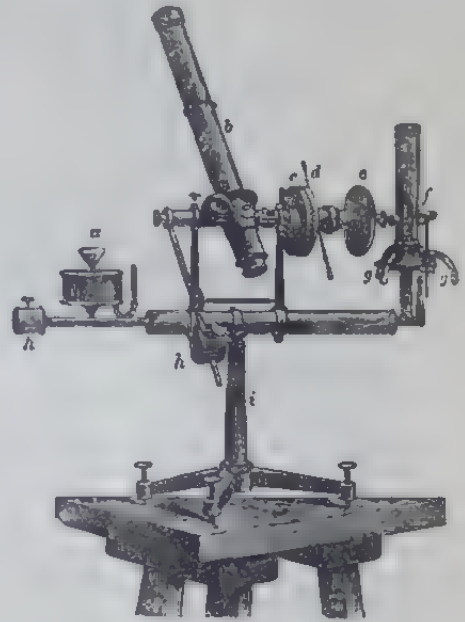


Рис. 324.

вающая противобѣсомъ *h*. Посредствомъ трубки, перпендикулярной къ этой зрительной трубѣ, и зеркальную стекла отъ пламени лампы получается въ полѣ зрѣнія искусственная звѣзда, видимая одновременно съ естественною, яркость которой наблюдатель желаетъ измѣрять. Въ трубѣ помѣщены двѣ Николевы призмы, поляризующія свѣтъ искусственной звѣзды (часть II, § 6). Николевы призмы поворачиваются рычагомъ и даютъ возможность измѣнять произвольнымъ образомъ свѣтъ искусственной звѣзды. Наблюденіе производится слѣдующимъ образомъ. Надѣв на измѣряемую звѣзду, вращаютъ Николевы призмы до тѣхъ поръ, пока яркости естественной и искусственной звѣздъ не сдѣлаются равными между собою. Затѣмъ по раздѣленному кругу отсчитываютъ уголъ вращенія Николевыхъ призмъ, зная который можно по извѣстной формулѣ теоріи свѣта вычислить яркость наблюдаемой звѣзды. Такъ какъ естественныя звѣзды часто бываютъ окрашены различными цвѣтами, то въ фотометръ Цельнера имѣется особое приспособленіе, при помощи котораго можно окрашивать свѣтъ искусственной звѣзды и приравнивать ея окраску къ окраскѣ естественной звѣзды.\*

§ 42. Поперечный масштаб, верньеръ и микроскопъ для отсчитыванія дѣлений. Въ заключеніе нашего обзора наиболее важныхъ инструментовъ, служащихъ въ настоящее время для опредѣленія положенія свѣтилъ, для измѣренія размѣровъ дисковыхъ планетъ и для другихъ астрономическихъ дѣлей, мы скажемъ нѣсколько словъ о нѣкоторыхъ вспомогательныхъ инструментахъ, которые позволяютъ подраздѣлять на болѣе мелкія части дѣленія круговъ.

Если бы указатель, соединенный съ трубой инструмента и скользящій по кругу вдоль дѣленій представлялъ собой простое острие, то при помощи такого инструмента съ увѣренностью можно было бы измѣрять углы только съ точностью до одного дѣленія лимба. Поэтому, если бы мы пожелали отсчитывать отдѣльные секунды, то пришлось бы на окружность круга нанести 1296000 штриховъ, но это представляется совершенно несущественнымъ уже потому, что даже при довольно значительномъ диаметрѣ круга самыя тонкіе штрихи должны быть настолько близки другъ къ другу, что ихъ толщина будетъ больше, чѣмъ промежутки между ними. Нужно поэтому имѣть средство, которое бы позволяло измѣрять весьма малыя величины даже при сравнительно грубыхъ дѣленіяхъ.

Для этой цѣли прежніе астрономы, начиная съ Нурбѣха и Регіомонтана, пользовались и при отсчитываніи дѣленій круга приспособленіемъ, подобнымъ поперечному масштабу.

Поперечный масштабъ, служащій для точнаго подраздѣленія дѣленія какой-нибудь линейной мѣры на болѣе мелкія части, имѣетъ слѣдующее устройство. Въ концахъ 0 и 10 (рис. 325) данаго отрѣзка  $XX'$  возставляютъ къ нему перпендикуляры  $OX$  и  $10X'$  произвольной длины, дѣлятъ эти перпендикуляры на равныя части 0 I, I II ... черезъ точки дѣленія проводятъ линіи I I', II II' ..., параллельныя данной прямой 0, 10, и соединяютъ соответственно точки 0, 1, 2... линіи 0, 10 съ точками 0', 1', 2'... прямой  $X, X'$ .

Число частей, на которое при такомъ построении можно подраздѣлять отрѣзокъ  $XX'$ , равно произведенію числа дѣленій этого отрѣзка на число дѣленій перпендикуляра  $OX$ . Такъ, нашъ рисунокъ, на которомъ какъ отрѣзокъ  $XX'$ , равный 3 снт., такъ и перпендикуляръ  $OX$ , каковы раздѣлены на 10 частей, позволяетъ измѣрять сотыя доли трехъ сантиметровъ, т.-е. наименьшая доступная въ этомъ случаѣ измѣренію величина составляетъ 0,3 мм. Разсматривая треугольнички, прилежащіе къ прямой 0, I, II, легко убѣждаемся, что основаніе перваго изъ нихъ (наименьшаго) равно 0,3 мм., основаніе втораго составляетъ  $2 \cdot 0,3 = 0,6$  миллиметра и т. д., тогда какъ каждая горизонтальная сторона маленькихъ параллелограммовъ внутри сѣтки равна 3 мм. или 0,3 снт. Если мы желаемъ измѣрить какой-нибудь отрѣзокъ, мы должны взять его циркулемъ и положить на нашемъ чертежѣ. Пользуясь, что при этомъ одна ножка циркуля упадетъ въ точку II, а другая совпадетъ съ точкой пересѣченія прямыхъ I, I' и II, II'. Въ такомъ случаѣ длина измѣряемаго отрѣзка будетъ равна  $3 \cdot 0,6 = 3,6$  мм.

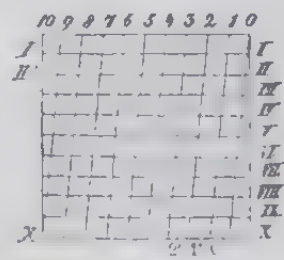


Рис. 325.

Посмотримъ теперь, какъ пользовались древне подобнымъ построениемъ для отсчитыванія мелкихъ частей дѣленій круга. Опредѣлимъ рядъ круговъ  $DE, FG \dots$ , концентрическихъ съ тѣмъ, который служитъ собственно для измѣренія и который раздѣленъ на равныя части въ точкахъ  $A, B, C \dots$  (рис. 326, стр. 876), проведемъ черезъ эти точки къ общему центру круговъ  $M$  радиусы  $Ae, Bd \dots$  и построимъ діагонали  $eB, dC \dots$  образованныхъ такимъ образомъ четырехугольниковъ  $ABe, BCd \dots$ . Если теперь линіи  $AB, BC, cd, dK \dots$  считать прямыми линіями, а радиусы  $Ae, Bd \dots$  взаимно параллельными (что, конечно, справедливо лишь приближительно), то, какъ и прежде, каждая діагональ даетъ возможность отсчитывать изъ концентрическихъ круговъ  $DE, FG \dots$  болѣе мелкія части

интервалов  $AB, BC, \dots$ , величина которых обуславливается темъ, сколько проведено круговъ, concentрическихъ съ  $ABC$ . Положимъ, что на нашемъ рисункѣ  $AB$  равна одной минутѣ, тогда  $aa' = \frac{1'}{3} = 20''$  и точно также  $bb' = 40''$ . Пусть  $ML$  есть нить отвѣса, привѣшеннаго въ центрѣ круговъ  $M$ , тогда при вращеніи круга отвѣсъ будетъ проходить черезъ различныя точки двѣтви, и, пользуясь имъ, можно измѣрять углы съ точностью до  $20''$ , а приближая къ приближительной оцѣнкѣ на глазъ, и еще точнѣе. Но и здѣсь приходится вносить на кругъ очень много штриховъ, кромѣ того, сдѣланное выше допущеніе, что дуги  $AB, cd, \dots$  суть прямыя линіи, а отрезки  $Ac, Bd, \dots$  взаимно параллельны, строго говоря, несправедливо. Устранить эти недостатки удалось, по словамъ Вольфа, Верьеру, бельгійскому кастеляну въ Орпани. Въ 1631 году онъ предложилъ въ высшей степени простое и въ то же время остроумное приспособленіе, которое вслѣдствіе своего совершенства вошло теперь во всеобщее употребленіе. Изобрѣтателемъ этого инструмента нѣкоторые считаютъ также португальскаго ученаго Пунъеда (Nunvez, или по-латыни Nonius), жившаго за нѣсколько столѣтій раньше Верьера; однако, это невярно, потому что приборъ, изобрѣтенный Поніусомъ, сильно отличается отъ приспособленія Верьера и далеко не такъ удобенъ.

Пусть (рис. 327)  $ab$  есть часть измѣрительной линейки, раздѣленной штрихами 1, 2, 3... на дециметры. При помощи такой



Рис. 326.

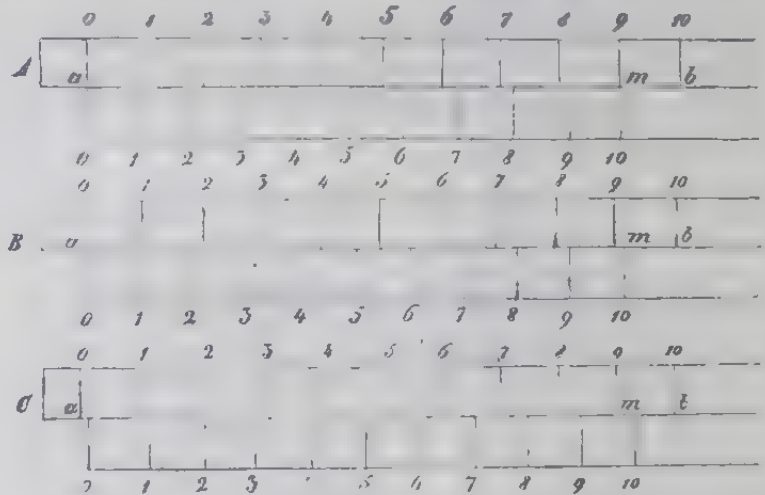


Рис. 327.

линейки непосредственно можно отсчитывать лишь цѣлые дециметры, тогда какъ сантиметры нужно оцѣнивать уже на глазъ. Если же къ этому масштабу присоединить верьеръ, длинъ котораго равна 9 дециметрамъ и который раздѣленъ на 10 равныхъ частей, то непосредственно можно будетъ измѣрять уже десятые доли дециметра или сантиметра. Положимъ, что требуется опредѣлить въ сантиметрахъ разстояніе между штрихами  $m$  и  $b$ ; для этого ставимъ верьеръ такъ, какъ это указано на рисункѣ (положеніе  $A$ ), а именно, чтобы его 10-ое дѣленіе совпадало съ 9-ымъ штрихомъ линейки, оставляя затѣмъ линейку неподвижною, передвигаемъ верьеръ до совпаденія штриховъ 1 и 1 (положеніе  $B$ ) и еще вправо до тѣхъ поръ, пока послѣднее десятое дѣленіе верьера не совпадетъ съ штрихомъ  $m$  (положеніе  $C$ ). Если при этомъ положеніи верьера второе его дѣленіе точно совпадетъ со вторымъ штрихомъ линейки, т.е. если штрихи 2 и 2 составляютъ одну прямую линію, то это показываетъ, что штрихъ  $m$  отстоитъ отъ девятаго дѣленія линейки

на 2 десятих доли одного деления и, следовательно, некоторое расстояние  $mb$  будет равно 0,8 дециметра или 8 сантиметра.

Между делениями верньера, как это видно из рисунка 327, остается достаточно места для того, чтобы можно было каждый интервал раздѣлить еще на 10 частей, и тогда при помощи ланьки, имѣющей такой верньеръ, можно уже отсчитывать непосредственно не только десятки, но и сотыя доли дециметра, т.-е. миллиметры. Если же при такомъ подраздѣленіи штрихи находятся такъ близко другъ отъ друга, что ихъ лишь съ трудомъ можно различать невооруженнымъ глазомъ, то для отсчета делений слѣдуетъ пользоваться душой, но только ее надо укрѣпить такъ, чтобы, передвигая ее надъ верньеромъ, можно было каждый штрихъ послѣдняго получать въ серединѣ поля зрѣнія дузы.

Только что описанное приспособленіе пригодно и для круговыхъ деленій. Дѣйствительно, положимъ, что на рисунокъ 327  $ab$  есть дуга круга какого нибудь инструмента раздѣленная на равныя части штрихами, и что каждое деление равно, напримѣръ,  $10'$ . Вообразимъ далѣе, что подъ этимъ кругомъ укрѣплена небольшая дуга другого круга, снабженная верньеромъ, и что при вращеніи поддерживающей эту дугу алидамы вокругъ центра верньеръ перемѣщается вдоль окружности неподвижнаго круга инструмента или вдоль лимба. Длина дуги верньера пусть будетъ равна 9 деленіямъ лимба, т.-е. составляетъ  $9 \times 10 = 90'$ , и положимъ, что она, какъ и раньше, раздѣлена на 10 равныхъ частей. Отсюда слѣдуетъ, что каждое деленіе верньера равно 9 минутамъ. Поэтому, если верньеръ установленъ относительно лимба такъ, что ихъ нулевые деленія совпадаютъ т.-е. штрихи 0 и 0 образуютъ одну прямую линію, то послѣдніе ихъ деленія 9 и 10 тоже будутъ совпадать: деленія же 1 и 1, 2 и 2, 3 и 3 и такъ далѣе будутъ отстоять другъ отъ друга соответственно на  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  и т. д. Отсюда видно, что, хотя кругъ раздѣленъ лишь на интервалы, равные  $10'$ , но съ нимъ можно при помощи верньера измѣрять отдѣльныя минуты, и результатъ будетъ такой же точности, какъ если бы кругъ былъ раздѣленъ на минуты.

Пусть теперь кругъ и верньеръ установлены такъ, что его нулевой штрихъ стоитъ противъ деленія лимба, равнаго  $10^\circ 0'$  (рис. 327, положеніе 1); тогда, отсчитавъ кругъ, мы скажемъ, что измѣренный инструментомъ уголъ равенъ  $10^\circ 0'$ . Если же верньеръ занимаетъ положеніе  $B$ , то наблюденный уголъ будетъ равенъ  $10^\circ 1'$ . Наконецъ, при положеніи  $C$  этотъ уголъ равенъ  $10^\circ 2'$  и т. д.

Наконецъ, для той же цѣли, что и верньеръ, можетъ служить также микроскопъ, напоминающій своимъ устройствомъ описанный выше (§ 38) винтовой микрометръ. Подобно тому, какъ, пользуясь подвижною нитью окуляра, можно измѣрять расстояние между двумя звѣздами, или, лучше сказать, расстояние между полученными объективомъ изображеніями этихъ звѣздъ, точно также при помощи микроскопа можно опредѣлять расстояние, напримѣръ, между девятымъ штрихомъ лимба и положеніемъ индекса  $m$ ; если величину этого расстоянія прибавить къ числу, соответствующему деленію 9, то положеніе индекса будетъ опредѣлено вполне точно. Очевидно, что въ этомъ случаѣ никакихъ новыхъ деленій, кромѣ тѣхъ, которыя имѣются на лимбѣ, иносить не надо. Это обстоятельство, въ связи съ тѣмъ, что изготовляемые въ настоящее время микрометрические винты отличаются большой точностью, дѣлаетъ микроскопъ весьма удобнымъ для употребленія, причѣмъ микроскопъ даетъ болѣе точные результаты, чѣмъ верньеръ, и съ нимъ можно измѣрять еще болѣе мелкія части деленій, чѣмъ съ верньеромъ. Въѣдѣние этого въ послѣднее время во всѣхъ инструментахъ, предназначенныхъ для весьма точныхъ измѣреній, вмѣсто верньера употребляется микроскопъ.

§ 43. Опредѣленіе долготы мѣста изъ наблюденій падающихъ звѣздъ, свѣтовыхъ сигналовъ и затмѣній. Въ предыдущихъ параграфахъ мы изложили нѣсколько способовъ для опредѣленія высоты полюса, или географической широты данного мѣста и для опредѣленія направленія меридіана или, что сводится къ тому же самому, азимута какого нѣ-



будь земного предмета. Намъ остается еще показать, какъ опредѣляется географическая долгота — этотъ важный элементъ, безъ котораго мы не можемъ знать, въ какой точкѣ земной поверхности или, по крайней мѣрѣ, въ какой точкѣ земной параллели мы находимся.

Подъ географической долготой разумется, какъ извѣстно, уголъ, заключенный между двумя земными меридианами, изъ которыхъ одинъ проходитъ черезъ мѣсто наблюденья, другой черезъ опредѣленную точку земнаго шара. Второй меридианъ считается начальнымъ: отъ него ведется счетъ угловъ; его можно выбрать, конечно, произвольно, но въ настоящее время за начальный меридианъ почти всегда выбирается меридианъ, проходящій черезъ обсерваторію въ Гринвичѣ (введеніе § 12). \* Впрочемъ въ Россіи за начальный меридианъ по большей части считается меридианъ, проходящій черезъ пулковскую обсерваторію. \* Вращеніе земли даетъ самое простое средство для опредѣленія долготы мѣста, дѣйствительно, не трудно видѣть (часть I, §§ 18, 99), что долгота какого-нибудь мѣста относительно Гринвича есть не что иное, какъ разность времени въ Гринвичѣ и въ данномъ мѣстѣ въ одинъ и тотъ же моментъ; отсюда сейчасъ же слѣдуетъ, что разность географическихъ долготъ двухъ какихъ-нибудь точекъ земной поверхности равна разности ихъ мѣстныхъ времени въ одинъ и тотъ же моментъ.

Поэтому при опредѣленіи долготы вопросъ состоитъ, прежде всего, въ томъ, чтобы отыскать таутохронное явленіе, т.-е. такое, которое наблюдается вездѣ въ одинъ и тотъ же моментъ времени, затѣмъ наблюдателямъ въ обоихъ мѣстахъ останется только замѣтить въ одинъ и тотъ же моментъ часы, минуты и секунды по хронометру, т.-е. опредѣлить истинное или среднее солнечное или же звѣздное мѣстное время. Разность замѣченныхъ временъ и будетъ равна искомой разности долготъ двухъ пунктовъ.

Въ началѣ прошлаго столѣтія довольно долгое время для этой цѣли пользовались наблюденіями надъ падающими звѣздами или же устранивали искусственныя таутохронныя явленія, а именно: въ видимомъ съ намѣченныхъ станцій пунктѣ въ заранѣе опредѣленный моментъ времени производился пороховой взрывъ; понятно, что оба наблюдателя могли видѣть появленіе такого сигнала въ одинъ и тотъ же моментъ.

Къ таутохроннымъ небеснымъ явленіямъ, прежде всего, надо отнести такъ называемыя физическія затмѣнія, куда относятся, между прочимъ, и затмѣнія нашей луны. Это явленіе, какъ извѣстно, состоитъ въ томъ (часть I, § 100), что освѣщенный дискъ луны во время полнолунія погружается въ конусъ тѣни, отбрасываемой землей, вследствие чего луна дѣйствительно терять тотъ свѣтъ, который она заимствуетъ отъ солнца. Поэтому такое помраченіе диска луны можно наблюдать въ одинъ и тотъ же моментъ изъ всѣхъ тѣхъ мѣстъ, откуда вообще можно видѣть луну въ моментъ затмѣнія, и нужно лишь отмѣтить этотъ моментъ по вѣрнымъ часамъ, идущимъ по мѣстному времени, чтобы тотчасъ же получить разность долготъ.

Подобнымъ же образомъ затмѣнія спутниковъ Юпитера таутохронны для всѣхъ жителей земли, поэтому имъ тоже можно воспользоваться для непосредственнаго опредѣленія долготы, о чемъ было упомянуто уже выше (часть II, § 125). Но что касается лунныхъ затмѣній, то они имѣютъ тотъ недостатокъ, что нѣтъ ими нельзя производить достаточно точныхъ наблюденій, такъ какъ конусъ земной тѣни окруженъ еще полутѣнью и не имѣетъ, следовательно рѣзкихъ очертаній, поэтому самый моментъ начала или конца затмѣнія съ точностью опредѣлить невозможно. Край луны около того мѣста, гдѣ должно начаться затмѣніе, погружаясь въ полутѣнь, покрывается не задолго до начала самаго затмѣнія какъ бы тусклою вуалью, которая медленно распространяется къ центру диска, причѣмъ покрывая его край меркнетъ все больше и больше, свѣтъ тускнѣетъ постепенно, и опредѣлить точно моментъ начала затмѣнія совершенно невозможно. То же самое можно сказать и относительно конца затмѣнія. Это обстоятельство старались устранить тѣмъ, что наблюдали закрытіе и открытіе лунныхъ пятенъ, но и эти наблюденія страдаютъ, хотя и въ

меньшей степени, тѣмъ же недостаткомъ Наблюдения затмѣній спутниковъ Юпитера даютъ, разумѣется, болѣе точныя результаты, но и здѣсь остается еще желать многого

Оптическое затмѣніе, т. е. солнечныя затмѣнія и покрытія звѣздъ луною происходятъ тогда, когда луна при своемъ движеніи становится между наблюдателемъ и солнцемъ или неподвижной звѣздой и дѣлаетъ эти свѣтила для насъ невидимыми, или, какъ обыкновенно говорятъ, закрываетъ, покрываетъ ихъ. Легко понять, что эти явленія для наблюдателей въ различныхъ точкахъ земли представляются въ весьма различномъ видѣ. Тогда какъ, напримѣръ, для наблюдателя, находящагося къ востоку отъ какого-нибудь пункта луна расположена нѣсколько западнѣ звѣзды, для наблюдателя, находящагося въ самомъ этомъ пунктѣ, звѣзда уже покрываема луннымъ дискомъ. Эти явленія, следовательно, не таутохронны; но, зная точно движеніе луны, легко при помощи несложныхъ вычисленій привести сдѣланныя на земной поверхности наблюденія къ тѣмъ моментамъ въ которые было бы видно наступленіе оптического затмѣнія изъ центра земли, и если эти приведенныя сдѣланы для всѣхъ наблюденій, то, вычлени одно изъ другого полученныя такимъ образомъ мѣстные времена, мы тотчасъ же найдемъ разности долготъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ произведены были наблюденія.

§ 44. **Опредѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ и по кульминаціямъ луны.** Только-что описанные способы опредѣленія долготы страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что они или годятся лишь для близкихъ другъ къ другу пунктовъ (вапр., первые два способа), или же не могутъ служить для ежедневныхъ наблюденій (остальные способы), и такая зависимость отъ небесныхъ явленій должна сильно стѣснять особенно морскую. Такого рода недостатками не страдаютъ способы опредѣленія долготы по луннымъ разстояніямъ. Этотъ методъ былъ предложенъ еще Америго Веспуччи, а послѣ него Галлилеемъ, но на практикѣ онъ не могъ сначала принести большой пользы, такъ какъ въ концѣ XVII столѣтія теорія луны, установленная лишь въ послѣднее время, была еще очень несовершенна. Наоборотъ, въ наши дни этого пріятія болѣе не существуетъ. Идея самого метода состоитъ въ слѣдующемъ.

Изъ астрономическихъ таблицъ можно для каждаго момента опредѣлить геоцентрическое, т. е. видимое изъ центра земли, положеніе луны, въ звѣздныхъ же каталогахъ даются мѣста многихъ звѣзд; по этимъ даннымъ легко для любого момента опредѣлить разстояніе луны отъ выбранныхъ звѣздъ. И, дѣйствительно, въ астрономическихъ таблицахъ для каждаго дня даются черезъ каждыя шесть или даже черезъ каждыя три часа разстоянія луны отъ планетъ, солнца и 10—12 яркихъ звѣздъ; корабль, отправляющійся въ плаваніе, беретъ эти таблицы съ собой, чтобы, пользуясь ими, имѣть возможность опредѣлять долготы. Положимъ, что разстояніе луны отъ другого какого-нибудь свѣтила, напримѣръ, отъ солнца, вычислено для слѣдующихъ моментовъ.

Среднее гринвичское время.	Геоцентрическое разстояніе луны отъ солнца	Разности.
18 августа 0 час. пополудни . . .	24° 30' 10"	3° 20' 30"
6 > утра . . . . .	27 50 40	
12 > пополудни . . . . .	31 21 25	
6 > вечера . . . . .	35 2 40	

Предположимъ дальѣ, что корабль, находящійся въ Тихомъ Океанѣ, опредѣливъ сначала поправку своихъ часовъ, взялъ, при помощи секстанга, что въ 7 час. 3 мин. 40 сек. вечера по среднему мѣстному времени разстояніе центровъ солнца и луны было равно 28° 30' 10". Это разстояніе нельзя еще прямо сравнивать съ тѣми, которыя даны выше. Вычисленныя заранѣе разстоянія отнесены, какъ говорятъ, къ центру земли, тогда какъ съ корабля наблюдаютъ, конечно, не то, что видно изъ центра земли, а то, что можно видѣть съ ея поверхности; поэтому, прежде всего, надо наблюденное разстояніе также при-

ести къ центру земли. Не останавливаясь здѣсь на довольно длинныхъ, требующихъ много времени, вычисленіяхъ этой редукціи, мы примемъ, что въ данномъ случаѣ приведеніе къ центру земли составляетъ  $+ 0^{\circ} 12' 20''$ , такъ что наблюдаемое разстояніе, видимое изъ центра земли, было бы равно  $28^{\circ} 42' 30''$ .

Теперь спрашивается, въ какой моментъ по среднему гринвичскому времени геоцентрическое разстояніе солнца и луны было равно въ этотъ день  $28^{\circ} 42' 30''$ ? Изъ приведенной выше таблицы видно, что разстояніе разсматриваемыхъ свѣтилъ отъ шести часовъ утра до полудня мѣняется на  $3^{\circ} 30' 45''$ , между тѣмъ наблюдаемое геоцентрическое разстояніе отличается отъ того, которое было въ шесть часовъ, всего на  $0^{\circ} 51' 50''$ ; поэтому, чтобы отвѣтить на поставленный вопросъ, достаточно рѣшить пропорцію:

$$3^{\circ} 30' 45'' : 6^h \equiv 0^{\circ} 51' 50'' : x,$$

откуда  $x = 1^h 28^m 32.5^s$ , прибавивъ это время къ шести часамъ, мы найдемъ, что искомое среднее гринвичское время наблюденія было равно  $7^h 28^m 32.5^s$ . Мы имѣемъ слѣдовательно:

среднее время мѣста наблюденія . . . . .	7 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 40,0 <sup>s</sup> вечера
среднее гринвичское время . . . . .	7 28 32,5 утра
	-----
	разность равна . . 11 35 7,5.

Эта разность и есть географическая долгота корабля причѣмъ мѣстовахожденіе корабля лежитъ къ востоку отъ Гринвича, такъ какъ мѣстное время корабля больше гринвичскаго. Если полученную разность мы выразимъ не во времени, а въ градусахъ, для чего, какъ известно, ее надо умножить на 15 (Введеніе § 1), то найдемъ, что во время наблюденія восточная долгота корабля, считаемая отъ Гринвича, была равна  $173^{\circ} 46,9'$ .

Способъ опредѣленія долготы по луннымъ кульминаціямъ очень сходенъ съ только-что описаннымъ. Вѣдѣніе быстраго движенія луны не только ея разстоянія отъ другихъ свѣтилъ, но и ея прямое восхожденіе мѣняется настолько сильно, что по прямому восхожденію, наблюдаемому въ любомъ пунктѣ въ нѣкоторый моментъ по мѣстному времени, можно легко вычислить гринвичское время, когда прямое восхожденіе луны имѣло то же самое значеніе.

Эти наблюденія удобнѣе всего производить во время кульминацій луны, потому что тогда прямое восхожденіе можно опредѣлить очень точно съ помощью пассажнаго инструмента (§ 26); кромѣ того, наблюдаемое прямое восхожденіе можно прямо сравнивать съ геоцентрическимъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ не надо вводить поправокъ ни за рефракцію, ни за параллаксъ. Дѣйствительно, меридианъ является одновременно и кругомъ высоты и кругомъ склоненій, такъ какъ онъ проходитъ и черезъ зенитъ и черезъ полюсъ, но какъ рефракція (часть I, § 105), такъ и параллаксъ (часть I, § 40) дѣйствуютъ по кругу высоты, поэтому они не вліяютъ на время прохожденія свѣтилъ черезъ меридианъ. Вѣдѣніе этого наблюденія лунныхъ кульминацій прочне наблюденій лунныхъ разстояній, но зато ихъ нельзя производить ни морѣ или во время научныхъ экспедицій въ неизслѣдованныя страны, такъ какъ эти наблюденія требуютъ инструмента, неизмѣнно установленнаго въ плоскости меридіана, дѣйствительно, постоянныхъ или, по крайней мѣрѣ, временныхъ обсерваторій. Съ цѣлью облегченія наблюденій лунныхъ кульминацій въ большихъ астрономическихъ календаряхъ прямое восхожденіе луны дается черезъ каждый часъ для цѣлаго года.

Чтобы и этотъ способъ пояснить примѣромъ, положимъ, что 8 декабря 1894 года въ  $8^h 34^m 18,8^s$  по среднему мѣстному времени наблюдаемое прямое восхожденіе луны въ моментъ ея кульминаціи было равно  $1^h 45^m 55,1^s$ . Астрономическія же эфемериды даютъ

Среднее гринвичское время.	Прям. восх. луны.	Разность.
9 декабря 1894 г. въ 4 <sup>h</sup> утра . . .	1 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 10,6 <sup>s</sup>	
5 > . . .	1 47 14,6	2 <sup>m</sup> 4,0 <sup>s</sup>
6 > . . .	1 49 19,1	2 4,5

Отсюда, прежде всего, видно, что наблюдение произведено между 4 и 5 часами утра гринвичскаго времени. Затѣмъ, такъ какъ наблюденное прямое восхождение на 0<sup>m</sup> 44,5<sup>s</sup> болѣе того, которое было въ 4 часа, а изменение его въ одинъ часъ, т.-е. въ 60<sup>m</sup>, равно 2<sup>m</sup> 4,0<sup>s</sup> = 124<sup>s</sup>, то будемъ имѣть пропорцію

$$124,0 : 44,5 = 60 : x,$$

откуда

$$x = 21.532^m = 21^m 31,9^s.$$

Итакъ, прямое восхождение луны имѣло вышеуказанное значеніе 9 декабря въ 4<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> 31,9<sup>s</sup> утра по гринвичскому времени, или 8 декабря въ 8<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 18,8<sup>s</sup> вечера по мѣстному времени. Разность составляетъ 7<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> 13,1<sup>s</sup>, поэтому мѣсто наблюденія лежитъ на 7<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> 13,1<sup>s</sup> или 116<sup>o</sup> 48,3' къ западу отъ Гринвича

§ 45. **Опредѣленіе долготы по телеграфу и перевозкой хронометровъ** Завоеванія новѣйшаго времени — телеграфъ и хронометръ — даютъ намъ средство не только для болѣе простаго и болѣе быстраго опредѣленія долготы мѣста, но и позволяютъ сдѣлать это опредѣленіе съ огромною точностью, которой совершенно нельзя было достигнуть, пользуясь старыми, только-что описанными методами.

Что касается способа опредѣленія долготы по телеграфу, то понятно, что, замыкая электрической токъ, можно передавать изъ одного мѣста въ другое сигналы, соответствующіе опредѣленному моменту по мѣстному времени, подобно тому, какъ въ телеграфной конторѣ передаются сигналы, замѣняющіе буквы. Давѣе, вслѣдствіе громадной скорости распространенія электрическаго тока, можно въ первомъ приближеніи пренебречь тѣмъ временемъ, которое употребляетъ токъ, чтобы пройти разстояніе между двумя пунктами, или, другими словами, можно принять, что сигналъ подается въ одномъ мѣстѣ и получается въ другомъ одновременно. При такомъ предположеніи разность мѣстныхъ временъ, въ которыхъ сигналъ былъ поданъ на одной станиціи и полученъ въ другой, представляетъ разность долготъ двухъ станицъ. Положимъ, напримѣръ, что обсерваторіи въ Вѣнѣ и Берлинѣ соединены телеграфомъ, и что вѣнскій астрономъ, нажавъ ключъ своего телеграфнаго прибора, подалъ на берлинскую обсерваторію сигналъ ровно въ 10<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>. Этотъ сигналъ былъ полученъ берлинскимъ астрономомъ въ 9<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> 13,4<sup>s</sup> по берлинскому времени. Такъ какъ разность временъ равна 11<sup>m</sup> 46,6<sup>s</sup>, то отсюда сейчасъ же слѣдуетъ, что берлинская обсерваторія лежитъ на 11<sup>m</sup> 46,6<sup>s</sup> или на 2<sup>o</sup> 56' 39" къ западу отъ вѣнской.

Изложеніе способовъ, служащихъ при работахъ большой точности для опредѣленія того промежутка времени, которымъ мы выше пренебрегли, а именно, въ теченіе котораго электрический токъ распространяется отъ одного наблюдательнаго пункта до другого, и объясненіе того, какъ принимается во вниманіе этотъ промежутокъ при вычисленіи, какъ вводятся цѣлый рядъ другихъ весьма малыхъ поправокъ и т. д., завлекло бы насъ слишкомъ далеко. Поэтому мы и ограничимся вышеизложенными объясненіемъ самой сущности метода, причѣмъ замѣтимъ, что большая часть современныхъ опредѣленій долготы между тѣми пунктами, которые соединены телеграфомъ или которые можно было временно соединить телеграфомъ безъ особенно большихъ расходовъ и затрудненій, произведена именно по этому способу.

Приступая къ изложенію способа опредѣленія долготы при помощи перевозки хронометровъ, мы, прежде всего, напомнимъ, что задача состоитъ въ опредѣленіи мѣстнаго времени двухъ пунктовъ въ одинъ и тотъ же моментъ. Такимъ образомъ, если мы

со станции *A* перевеземъ на другую станцію *B* часы, идущіе вполнѣ правильно и не имѣющіе, слѣдовательно, ни поправки, ни хода (§ 20), т.-е. если мы перенесемъ, такъ сказать, мѣстное время *A* въ точку *B*, то, для опредѣленія разности долготъ этихъ двухъ точекъ, достаточно лишь сравнить показаніе перевезенныхъ въ *B* часовъ съ часами, вѣрно идущими по мѣстному времени станціи *B*.

То, что сказано сейчасъ относительно часовъ или хронометровъ, идущихъ вполнѣ правильно по мѣстному времени, относится также и къ хронограммъ, ходъ и поправка которыхъ хорошо извѣстны. Представимъ себѣ, наиримѣръ, что корабль, прежде чѣмъ покинуть Гринвичъ, изъ сравненія своего хронометра съ часами обсерваторіи, нашелъ, что этотъ хронометръ въ сутки уходитъ впередъ на  $2,0^s$  по среднему времени или, другими словами, имѣетъ суточный ходъ, равный  $-2,0^s$ , и что въ день отъѣзда въ  $8^h$  вечера онъ былъ впередъ противъ средняго гринвичскаго времени на  $0^h 3^m 0,0^s$ , т.-е. его поправка относительно этого времени была равна  $-0^h 3^m 0,0^s$ ; положимъ, далѣе, что 40 дней спустя, хронометръ показывалъ  $8^h 26^m 50^s$ . тогда какъ изъ наблюденій солнечныхъ высотъ было найдено, что мѣстное время въ этотъ моментъ было  $17^h 30^m 22^s$ , т.-е.  $5^h 30^m 22^s$  утра. Въ такомъ случаѣ, долготу корабля нетрудно опредѣлить слѣдующимъ простымъ способомъ. Суточный ходъ хронометра равенъ  $-2,0^s$ , что въ 40 дней составляетъ  $-1^m 20^s$  при отъѣздѣ его поправка была  $-3^m 0^s$ , теперь она возрасла, слѣдовательно, до  $-4^m 20^s$ . Поэтому, когда хронометръ показывалъ  $8^h 26^m 50^s$ , среднее гринвичское время было равно  $8^h 22^m 30^s$ , а мѣстное время корабля было на  $9^h 7^m 52^s$  впередъ гринвичскаго; отсюда слѣдуетъ, что корабль отстоялъ на  $9^h 7^m 52^s$  или на  $136^{\circ} 58'$  къ востоку отъ Гринвича.

Совершенство, котораго достигло устройство хронометровъ еще въ началѣ прошлаго столѣтія, позволило значительно расширить область примѣненія только-что описаннаго способа; и, дѣйствительно, до изобрѣтенія электрическаго телеграфа имъ пользовались не только для опредѣленія положенія корабля въ морѣ, но и для опредѣленія долготъ между постоянными обсерваторіями. Такъ, въ первую треть прошлаго столѣтія разность долготъ между Петербургомъ, Гамбургомъ, Гринвичемъ и Парижемъ была опредѣлена грандіозной перевозкой хронометровъ: на снаряженныхъ правительствами специально для этой цѣли корабляхъ нѣсколько сотъ хронометровъ перевозились по нѣскольку разъ изъ одной станціи въ другую.

§ 46. **Морская астрономія.** Судьба мореплавателя постоянно зависитъ отъ знанія мѣстности, поэтому онъ не можетъ, какъ обыкновенный путешественникъ по сушѣ, слишкомъ далеко удаляться изъ той области, которая ему хорошо извѣстна и гдѣ онъ всегда можетъ ориентироваться; онъ не долженъ далеко отплывать отъ береговъ, можетъ выхвѣть изъ гавани лишь въ хорошую, безоблачную погоду и притомъ не ночью; онъ долженъ остерегаться страшныхъ бурь, которыя могутъ увлечь его въ открытое море или занести въ неизвѣстныя мѣста. Сказанное объясняетъ тѣ трудности, съ которыми въ древности были сопряжены для прибрежныхъ жителей морскія путешествія въ новыя страны, и тѣ препятствія, которыя въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій мѣшали сношеніямъ между жителями, населяющими различныя части земной поверхности; этимъ же объясняется и то, почему до новѣйшаго времени арена нашей исторіи отличалась крайне узкими границами.

Мореплаванію, которое стремилось освободиться отъ этихъ вѣками связывающихъ его свободу оковъ, предстояло рѣшить такія задачи:

- 1) найти способъ легко и точно опредѣлять, по возможности часто, положеніе корабля на поверхности моря;
- 2) найти средство, которое позволяло бы во время плаванія придерживаться извѣстнаго направленія.

Если мы зная положеніе корабля, то можно намѣтить на картѣ путь, которому

надо следовать, чтобы прибыть въ заранее определенное нами мѣсто; если же рѣшеть второй вопросъ, то мы можемъ направить корабль по намѣченному пути и навѣрное достигнуть, въ концѣ концовъ, цѣли. Пусть, напримѣръ, мы нашли, что корабль нашъ находится къ сѣверу отъ липарскаго острова Стромболи, хотя самого острова совѣтъ и не видно; тогда извѣстно, что для того, чтобы прибыть на островъ Эльбу, нужно постоянно направлять корабль къ сѣверо-западу, и если мы будемъ строго держаться этого направленія, то, безъ сомнѣнія, достигнемъ Эльбы.

Изъ указанныхъ задачъ сначала была рѣшена вторая. Свойство свободно привѣшаннаго магнита обращаться къ сѣверу всегда однимъ и тѣмъ же концомъ дало намъ возможность въ какое угодно время и въ какомъ угодно мѣстѣ различать страны свѣта и указывать направленіе, котораго мы должны держаться, чтобы достичь определенной точки. Поэтому на кормовой части корабля передъ штурманомъ всегда устанавливается буссоль, т.-е. магнитная стрѣлка, къ которой прикрѣплена такъ называемая роза съ обозначеніемъ странъ свѣта, такъ что стрѣлка и роза вращаются вмѣстѣ. На внутренней стѣнкѣ коробки со стороны носа корабля проведена широкая полоса, на которую кормчій, дѣйствуя рулемъ, направляетъ штрихъ розы съ соответствующимъ обозначеніемъ, напримѣръ, *NW*, если корабль долженъ плыть къ сѣверо-западу. При каждомъ поворотѣ руля передняя часть корабля мѣняетъ свое положеніе относительно частей свѣта, потому магнитная стрѣлка вмѣстѣ съ розой будетъ мѣнять свое положеніе относительно неподвижной полосы коробки, и только тогда, когда штрихъ *NW* розы будетъ указывать на эту полосу, передняя часть корабля приметъ какъ-разъ сѣверо-западное направленіе.

Благодаря этому прибору уже сильно рѣшились границы мореплаванія. Если только извѣстно мѣсто отправленія корабля, то можно предпринимать смѣлыя и въ то же время вполне безопасныя поѣздки, независимо ни отъ времени сутокъ, ни отъ погоды; можно отъѣзжать и ночью, и во время густого тумана, и притомъ можно удаляться на такія разстоянія отъ береговъ, гдѣ непосредственная ориентировка относительно извѣстныхъ пунктовъ становится совершенно невозможной. Но кому мы обязаны первымъ примѣненіемъ магнита къ мореплаванію, объ этомъ въ настоящее время никто не знаетъ. Намъ извѣстно только, что китайцы еще за 750 лѣтъ до Р. Хр. пользовались магнитомъ для ориентировки при большихъ сухопутныхъ путешествіяхъ, и лишь съ четвертаго вѣка послѣ Р. Хр. они стали его употреблять и при морскихъ переездахъ. Въ XII столѣтіи употребленіе магнитной стрѣлки было уже извѣстно повсюду и въ Европѣ, куда арабы внесли открытіе китайцевъ, тогда какъ до этого времени европейскіе мореплаватели опредѣляли направленіе пути корабля приблизительно по тѣмъ звѣздамъ, которыя были видны во время плаванія.

Конечно, это былъ громадный шагъ впередъ, въ особенности послѣ того, какъ въ 1569 г. Меркаторъ издалъ морскія карты, но развитіе мореплаванія встрѣчало еще сильное препятствіе, такъ какъ вторая задача, состоящая въ опредѣленіи положенія корабля въ открытомъ морѣ, не была еще рѣшена. Между тѣмъ весьма важно бываетъ знать, не находится ли корабль, послѣ извѣстнаго времени своего плаванія, въблизи мѣста назначенія или около острововъ и подводныхъ камней. Кромѣ того, бури или другія какія-нибудь обстоятельства могутъ заставить въ открытомъ морѣ измѣнить курсъ корабля; какъ въ такомъ случаѣ снова найти дорогу?

Это препятствіе было устранено, главнымъ образомъ, благодаря изобрѣтенію лага, т.-е. указателя скорости, аналогичнаго тому, который уже гораздо раньше употреблялся при сухопутныхъ путешествіяхъ. Пользуясь этимъ приборомъ, можно гораздо точнѣе судить о скорости корабля, чѣмъ по глазомѣрнымъ оцѣнкамъ искуснаго лоцмана, какъ это дѣлалось до тѣхъ поръ. На веревкѣ, закрученной для удобства на воротъ, привѣшена треугольная дощечка, укрѣпленная за три точки въ положеніи, приблизительно перпендикулярномъ къ веревкѣ и удерживаемая въ этомъ положеніи свинцовымъ грузомъ, эту дощечку

бросают съ кормы корабля въ море, если хотять пользоваться лагомъ. Положимъ, что веревка раскручивается такъ быстро, что она не только не тянетъ за собой дощечки, но и сама остается не вполне натянутой, и, положимъ, что измѣрена длина куска, на которой веревка раскрутилась въ теченіе опредѣленнаго времени, напримѣръ, въ теченіе одной минуты. Въ такомъ случаѣ это измѣреніе прямо дастъ величину пути, проходимаго кораблемъ въ одну минуту, а, слѣдовательно, и въ одинъ часъ. Зная, такимъ образомъ, скорость корабля и направленіе его движенія, которое дастъ намъ буссоль, мы можемъ опредѣлить положеніе корабля на поверхности моря, если намъ извѣстенъ еще тотъ пунктъ, откуда выѣхалъ корабль. Возвемся къ приведенному выше примѣру. Положимъ, что корабль, отправившійся отъ Стромболи въ сѣверо-западномъ направленіи, проходить въ день 130 квл., тогда легко видѣть, что въ концѣ второго дня онъ будетъ у острова Понца передъ Террасной; послѣ этого на картѣ можно снова намѣтить тотъ путь, котораго нужно держаться при дальнѣйшемъ плаваніи.

Это принесло мореплаванію неисчислимая выгоды: буссоль и лагъ удовлетворили его насущныя потребности, съ ними можно уже совершать болѣе далекія поѣздки и даже въ неизвѣстныя страны. Но мы опять не знаемъ имени изобрѣтателя этого крайне необходимаго и потому находящаго себѣ постоянное примѣненіе прибора; съ начала XVI столѣтія лагъ вошелъ во всеобщее употребленіе - вотъ почти все, что намъ извѣстно о его происхожденіи. Такъ, до изобрѣтенія книгопечатанія, пропадали имена великихъ благодѣтелей челоуѣчества!

Съ лагомъ и буссолью можно было безопасно совершать уже очень многа, но далеко еще не все болѣе широкія путешествія. Магнитная стрѣлка не указываетъ вполне точно на сѣверъ, и отклоненіе магнитной стрѣлки отъ полуцѣпной линіи не только мѣняется съ измѣненіемъ мѣста на земной поверхности, но и въ одной и той же точкѣ ея оно мѣняется съ теченіемъ времени. Кроме того, компасъ (буссоль) испытываетъ множество возмущеній отъ вѣтряныхъ причинъ и требуетъ поэтому частыхъ поправки. Лагъ же даетъ лишь приблизительный результатъ, который уже черезъ нѣсколько дней путешествія становится ошибочнымъ даже при самыхъ благоприятныхъ обстоятельствахъ. Такъ, теченія, которыя увлекаютъ одновременно и корабль и дощечку лага, совершенно не отмѣчаются послѣднимъ, такъ что корабль на самомъ дѣлѣ могъ пройти въ теченіе часа нѣсколько морскихъ миль, тогда какъ, если судить по лагу, онъ находится все время на одномъ и томъ же мѣстѣ. Наконецъ, корабль очень рѣдко движется по прямому направленію: волны и вѣтеръ часто сообщаютъ ему еще поперечное движеніе, т.-е. отклоняютъ его въ сторону. Между тѣмъ ни буссоль, ни лагъ не даютъ никакихъ указаній относительно величины этихъ отклоненій, такъ что, если руководиться только двумя описанными приборами, то можно совершенно ошибиться въ опредѣленіи мѣста корабля и, слѣдовательно, корабль легко можетъ разбиться о тѣ самыя скалы и подводныя камни, которыхъ онъ хотѣлъ избѣжать.

Итакъ, лагъ и буссоль пригодны лишь для сравнительно короткихъ переѣздовъ, причемъ они должны быть возможно чаще контролируемы непосредственными опредѣленіями того мѣста, гдѣ находится корабль. Но такія опредѣленія въ открытомъ морѣ производятся, вообще говоря, только по наблюденіямъ свѣтла: поэтому съ древнихъ временъ до нашихъ дней прилагались и прилагаются все старанія къ тому, чтобы найти нужные для этой цѣли инструменты и выработать удобные методы наблюденій. И по мѣрѣ того, какъ эти успія увеличивались мало-по-малу успѣхомъ, мореплаватели становились все смѣлѣе и смѣлѣе. Въ концѣ концовъ они отважились выѣхать въ открытый океанъ, обогнули Африку, открыли Америку, а теперь приглашаютъ насъ въ кругосвѣтное путешествіе, какъ на увеселительную прогулку.

Еще въ серединѣ XV столѣтія португальцы пользовались для наблюденій въ морѣ прикрѣпленною къ мачтѣ астролябіей (§ 3), построенной Лиллусомъ (1234—1315) и

уовершенствованной Вехаймомъ (1459—1507); съ начала XVIII столѣтія (1732) для морскихъ наблюденій стали примѣнять зеркальный секстантъ (§ 5). Что касается способовъ наблюденія, то опредѣленіе высоты полюса представляеть сравнительно небольшія трудности, и потому ее умѣли находить еще въ XV столѣтіи. Совѣсьмъ иначе дѣло обстоитъ съ опредѣленіемъ долготы въ открытомъ морѣ: этотъ вопросъ представляеть столько трудностей, что его стали относить уже къ неразрѣшимымъ задачамъ, а въ 1714 году англійскій парламентъ назначилъ премію въ 20000 фунтовъ стерлинговъ тому, кто найдетъ способъ, позволяющій опредѣлять долготу на морѣ съ точностью хотя бы до полуградуса. Въ теоретическомъ отношеніи векорѣ и здѣсь были установлены вѣрныя точки зрѣнія, но на практикѣ изобрѣтенные методы сдѣлались возможнымъ примѣнять только тогда, когда въ Англии Арнольдъ, а во Франціи Бертудомъ и Ле-Руа были изготовлены около 1770 г. первые хорошие хронометры, и когда движеніе луны было изучено съ достаточной точностью. Дѣйствительно, нетрудно видѣть, что изъ описанныхъ выше способовъ опредѣленія долготы лишь немногіе примѣнимы на морѣ: къ послѣднимъ, прежде всего, относятся тѣ, которые основаны на наблюденіи физическихъ или оптическихъ затмѣній. Но затмѣнія солнца и луны и покрывія звѣздъ происходятъ слишкомъ рѣдко, чтобы мореплавателю могъ ими пользоваться для своихъ неотложныхъ надобностей; что же касается затмѣній спутниковъ Юпитера, то, чтобы наблюденія нѣмъ отличались хоть какой-нибудь точностью, необходимо пользоваться телескопомъ довольно значительной оптической силы; но при сильномъ инструмѣнтѣ этого рода наблюденія на качающемся кораблѣ связаны съ громадными трудностями. Поэтому для корабля пригодны лишь методы опредѣленія долготы по луннымъ разстояніямъ и по хронометрамъ; но зато, пользуясь этими способами, каждый морякъ, обладающій, конечно, нужными здѣсь научными свѣдѣніями, можетъ въ одинъ часъ ясной погоды опредѣлить съ точностью до нѣсколькихъ миль положеніе своего корабля даже и въ томъ случаѣ, если бы онъ нѣлыми мѣсяцами не встрѣчалъ извѣстныхъ ему мѣстностей. Чтобы подтвердить только-что сказанное, приведемъ примѣръ, который заимствованъ нами изъ путевого журнала одного французскаго мореплавателя за 1793 г. Въ серединѣ марта этого года онъ прибылъ въ гавань Боа, главный городъ наибольшаго изъ острововъ Товарищества Тонга-Габу. Географическое положеніе этого мѣста было уже раньше опредѣлено англійскими моряками, которые нашли, что его южная широта равна  $21^{\circ} 7,6'$ , а восточная долгота отъ Гринвича—  $12^{\circ} 19' 8,4''$ . Французскій корабль долженъ былъ плыть мимо Гебридскихъ и Казедопскихъ острововъ къ восточному берегу Новой Голландіи. Чтобы имѣть возможность опредѣлить долготу гдѣмъ многочисленныхъ острововъ, мимо которыхъ ему придется ѣхать, онъ рѣшилъ отложить свои отъѣзды на нѣсколько дней и найти за это время поправку и ходъ своего хронометра. Для этой цѣли 29 марта угромъ по хронометру въ  $7^{\text{ч}} 34^{\text{м}} 28,8^{\text{с}}$  была пронаблюдена высота солнца надъ горизонтомъ Тонга-Габу, между тѣмъ вычисленія показали, что, по мѣстному среднему времени Боа, наблюденіе было сдѣлано въ  $7^{\text{ч}} 33^{\text{м}} 55,1^{\text{с}}$ , такъ что въ этотъ моментъ хронометръ былъ впереди противъ мѣстнаго средняго времени на  $33,7^{\text{с}}$ .

Подобное же наблюденіе было сдѣлано и 7 апрѣля въ  $7^{\text{ч}} 57^{\text{м}} 3,2^{\text{с}}$  по показанію часовъ, и найдено, что соответствующее мѣстное среднее время было  $7^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 42,3^{\text{с}}$ , такъ что хронометръ былъ теперь уже на  $1^{\text{м}} 20,9^{\text{с}}$  впереди противъ мѣстнаго времени, откуда слѣдуетъ, что въ 9 дней его поправка измѣнилась на  $-0^{\text{м}} 47,2^{\text{с}}$ , поэтому суточный ходъ его былъ равенъ— $5,24^{\text{с}}$ .

8 апрѣля корабль вышелъ изъ гавани и отправился къ западу; 12 его застигла сильная буря, продолжавшаяся до 14-го, котораго, какъ опасались путешественники, могла совершенно сбѣтъ корабль съ принятаю имъ пути 15 апрѣля послѣ полудня солнце появилось снова и, прежде всего, была опредѣлена широта корабля, она оказалась равной  $19^{\circ} 51,3'$  къ югу отъ экватора. Чтобы опредѣлить затымъ долготу, пронаблюдали высоту



солнца въ  $3^{\text{h}} 48^{\text{m}} 28^{\text{s}}$  по хронометру и нашли, что мѣстное среднее время наблюденія было  $2^{\text{h}} 47^{\text{m}} 25,5^{\text{s}}$ .

Вышеописанныя наблюденія, произведенныя въ гавани Боа, показали, что 7 апрѣля въ  $7^{\text{h}} 57^{\text{m}}$  утра хронометръ былъ впереди противъ средняго времени этой гавани на  $1^{\text{m}} 20,9^{\text{s}}$ . Но такъ какъ онъ съ каждымъ днемъ уходитъ впередъ на  $5,24^{\text{s}}$ , то 15 апрѣля въ  $3^{\text{h}} 48^{\text{m}}$  вечера, т.-е. черезъ 8,3 дней послѣ наблюденія въ гавани, онъ былъ впереди противъ средняго времени Боа на  $1^{\text{m}} 20,9^{\text{s}} + 8,3 \times 5,24 = 1^{\text{m}} 20,9^{\text{s}} + 43,5^{\text{s}}$  или на  $2^{\text{m}} 4,4^{\text{s}}$ . Поэтому для момента послѣдняго наблюденія мы имѣемъ:

Время по хронометру корабля . . . . .	$3^{\text{h}} 48^{\text{m}} 28,0^{\text{s}}$
Поправка . . . . .	$- 2 4,4$
Среднее время Боа . . . . .	$3 46 23,6$
Среднее же мѣстное время корабля. . . . .	$2 47 25,5$
Разность. . . . .	$0 58 58,1$

Полученная разность и есть искомая долгота корабля отъ гавани Боа. Такъ какъ среднее время корабля меньше, то онъ находился на  $0^{\text{h}} 58^{\text{m}} 58,1^{\text{s}}$  къ западу отъ этой гавани. Легко теперь опредѣлить его долготу отъ Гринвича; дѣйствительно:

восточная долгота Боа . . . . .	$12^{\text{h}} 19^{\text{m}} 8,4^{\text{s}}$
найденная западная долгота корабля отъ Боа . . . . .	$0 58 58,1$

поэтому восточная долгота корабля отъ

Гринвича . . . . .	$11 20 10,3 = 170^{\circ} 2,6'$
--------------------	---------------------------------

Выше же было найдено, что южная широта корабля равна  $19^{\circ} 51',3$ , поэтому капитану достаточно было лишь взглянуть на карту, чтобы видѣть, что корабль находился въ южной части архипелага Новогебридскихъ острововъ.

\* Сравнительно въ новѣйшее время, а именно въ 1843 году, капитаномъ Сомиеромъ въ Бостонѣ былъ предложенъ новый методъ опредѣленія положенія корабля на морѣ, который подъ названіемъ способа Сомиера вошелъ теперь во всеобщее употребленіе. Въ этомъ способѣ каждое наблюденіе высоты солнца въ связи съ соответствующимъ моментомъ по хронометру опредѣляетъ положеніе корабля на нѣкоторой линіи, именно на такъ называемой окружности положенія. Два такихъ наблюденія даютъ точное положеніе корабля на морѣ въ точкѣ пересѣченія двухъ окружностей положенія.

Въ любой моментъ солнце находится въ зенитѣ какой-нибудь точки на поверхности земли, и эта точка будетъ центромъ окружности положенія. Наблюдатель, находящійся въ этой точкѣ, будетъ видѣть солнце у себя надъ головой. Если же въ какой-нибудь точкѣ земной поверхности наблюдатель опредѣлитъ при помощи секстанта высоту солнца, то зенитное разстояніе солнца, равное дополненію высоты до  $90^{\circ}$ , представитъ радиусъ окружности положенія, выраженный въ градусахъ.

Зная радиусъ окружности положенія и опредѣливъ мѣсто центра этой окружности, о чемъ рѣчь будетъ впереди, мы можемъ на глобусѣ или на картѣ начертить первую окружность положенія. Если же мы во время наблюденія опредѣлимъ также азимутъ солнца, то мы можемъ уже приблизительно судить, въ какой части этой окружности находится корабль. Положимъ, что черезъ нѣсколько часовъ послѣ перваго наблюденія произведетъ совершенно такое же второе. Въ это время мѣсто центра окружности положенія и зенитное разстояніе солнца изменятся, что дастъ намъ возможность начертить вторую окружность положенія. Пересѣченіемъ этихъ двухъ окружностей и опредѣлится точное положеніе корабля на морѣ, причемъ, зная азимутъ солнца во время наблюденій, мы не можемъ сомнѣваться въ томъ, какую изъ двухъ точекъ пересѣченія намъ слѣдуетъ выбрать.

Что же касается мѣста центра окружности положенія, то оно опредѣляется весьма просто. Широта этой точки, очевидно, равняется склоненію солнца для момента наблюденія, даваемому въ астрономическихъ календаряхъ. Долгота же этой точки отъ Гринвича равна Гринвичскому истинному солнечному времени въ моментъ наблюденія, а это время дается непосредственно хронометромъ, который идетъ по Гринвичскому времени и ходъ котораго извѣстенъ наблюдателю.

Замѣтимъ, что въ промежутокъ времени между двумя наблюденіями корабль нѣсколько перемѣстится, и въ следствие этого въ вычисленіе надо вводить нѣкоторыя поправки.

Поясимъ вышеизложенныя соображенія примѣромъ. Положимъ, что 20 мая въ 11 часовъ утра по Гринвичскому истинному времени на кораблѣ, плавшемъ въ сѣверной части Атлантическаго океана, была опредѣлена высота солнца, которая оказалась равной  $40^{\circ}$ . Широта центра  $A$  (рис. 238) соответственной окружности положенія равна  $+20^{\circ}$ , а по долготѣ эта точка отстоитъ на 1 часъ или на  $15^{\circ}$  къ востоку отъ Гринвича. Радиусъ  $AC$  первой окружности положенія равенъ  $50^{\circ}$ . Положимъ, что второе наблюденіе было сдѣлано черезъ 3 часа послѣ перваго, и высота солнца получилась равной  $65^{\circ}$ . Въ такомъ случаѣ координаты центра второй окружности положенія будутъ:

широта . . .  $+20^{\circ}$

долгота . . .  $30^{\circ}$  къ западу отъ Гринвича.

Радиусъ  $BC$  второй окружности положенія равенъ  $25^{\circ}$ . И въ пересѣченіи этихъ двухъ окружностей опредѣляется точка  $C$ , гдѣ находился корабль. \*

§ 47. Систематическія и случайныя ошибки. Въ предыдущихъ параграфахъ мы описали тѣ инструменты, при помощи которыхъ астрономы опредѣляютъ высоту полюса и время наблюденія, а также находятъ изъ абсолютныхъ или дифференціальныхъ наблюденій прямыя восхожденія и склоненія свѣтилъ. Кромѣ того, въ настоящей книгѣ было изложено также, какимъ образомъ при помощи вычисленій изъ этихъ наблюденій можно найти наклонность эклиптики, положеніе точки весенняго равноденствія, элементы планетныхъ орбитъ и т. д. Чтобы всѣ эти величины были совершенно вѣрны, наблюденія, изъ которыхъ онѣ получены, тоже не должны быть подвержены никакимъ ошибкамъ. Но производство безошибочныхъ наблюденій требуетъ отъ астронома во многихъ случаяхъ такой практической ловкости и теоретической подготовки, какія рѣдко бывають сосредоточены въ одномъ и томъ же человѣкѣ. Въ подтвержденіе сказаннаго необходимо указать, хотя бы въ общихъ чертахъ, тѣ трудности, которыя при этомъ приходится преодолевать.

Произведения человеческихъ рукъ всегда страдаютъ какими-нибудь недостатками; этого же мы должны ожидать, поэтому, даже отъ наиболее совершенныхъ астрономическихъ инструментовъ. Если бы даже удалось, благодаря какой нибудь случайности, построить инструментъ, свободный во всѣхъ отношеніяхъ отъ ошибокъ, то такое состояніе его продолжалось бы очень недолго: уже по истеченіи самого короткаго времени въ немъ обнаружилось бы множество мелкихъ недостатковъ. Постоянными перемѣнами температуры вызываютъ въ каждомъ инструментѣ нѣсколько мгновенныхъ и скоропроходящихъ измѣненій, но также и постоянныя, которыя потомъ никогда не уничтожаются вовсе. Въ следствие значительнаго вѣса отдѣльныхъ частей, принимающихъ при наблюденіяхъ различное взаимное расположеніе, происходятъ растяженія, дѣленія и гнутія, которыя нельзя устранить ни симме-

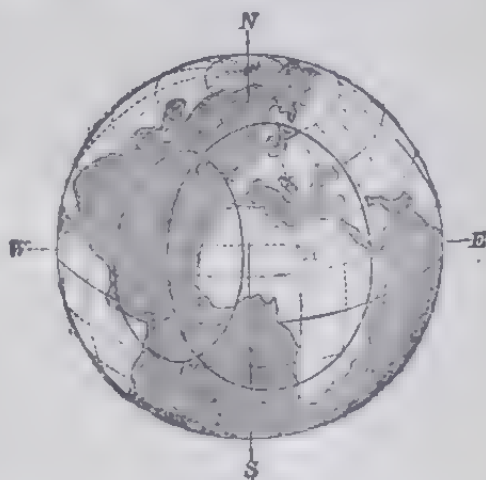


Fig. 238.

греческимъ устройствомъ всего инструмента, ни целесообразнымъ примѣненіемъ системы противѣсовъ. Хотя и то, даже самые лучшие приборы не могутъ быть выполнены совершенно безукоризненно: инструментальныя ошибки могутъ быть уменьшены опытнымъ и теоретически образованнымъ мастеромъ, но совершенно уничтожить и устранить ихъ нельзя. Такъ, ось инструмента не имѣетъ вполнѣ цилиндрической формы, она не вполнѣ концентрична съ кругомъ, который, въ свою очередь, не имѣетъ строго геометрической формы круга; дѣленія послѣднiаго никогда и не бывають совершенно безошибочны и т. д. То же самое можно сказать и относительно установки инструмента. Въ меридианномъ кругѣ плоскость его круга или оптическая ось его трубы не лежатъ въ точности въ плоскости меридиана, въ вертикальномъ кругѣ его вертикальная ось не вполнѣ перпендикулярна къ горизонту, главная ось экваторіала не совпадаетъ точно съ осью мира и т. д. И здѣсь, какъ и раньше, всѣ предосторожности и усилія могутъ лишь уменьшить неточности въ установкѣ инструмента, но не могутъ уничтожить ихъ совершенно. Поэтому, какъ бы ни была тщательно построена и установлена инструментъ, онъ всегда будетъ имѣть различнаго рода ошибки, отъ которыхъ наблюдателю необходимо освободиться, насколько это возможно; другими словами, наблюдатель долженъ или вести наблюденія такъ, чтобы ошибки исключились сами собой и не влияли на точность результата, или же опредѣлить непосредственно величину этихъ ошибокъ и принять ихъ во вниманіе при обработкѣ наблюденій. Въ этомъ, главнымъ образомъ, и состоитъ настоящая задача практической астрономіи, — задача трудная и очень сложная, о которой мы можемъ сказать здѣсь лишь нѣсколько словъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы подробно говорить о различныхъ примѣненіяхъ каждого инструмента въ отдѣльности. Такъ, напримѣръ, до сихъ поръ постоянно предполагалось, что алидада движется концентрически съ кругомъ. Такъ какъ механикъ не можетъ выполнить этого требованія со всею точностью, то наблюдателю, если онъ хочетъ достигнуть хорошаго результата, не остается ничего другого, какъ или опредѣлить величину эксцентриситетности и исправить въ зависимости отъ этого свои наблюденія, или же придумать такой способъ наблюденій, чтобы эта инструментальная ошибка не оказывала никакого влияния на результатъ. Существуетъ очень простой приемъ, благодаря которому влияние этой ошибки дѣйствительно вполнѣ уничтожается. Положимъ, что алидада, напримѣръ, алидада *тот* экваторіала (рис. 302, стр. 848), состоитъ изъ двухъ рычаговъ, составляющихъ одинъ продолженіе другого и снабженныхъ на концахъ *m* и *m'* верньерами. Тогда при эксцентрической алидадѣ первый верньеръ стоитъ всегда настолько же впередъ относительно истиннаго положенія, насколько другой позади, т.-е. одинъ отсчетъ будетъ какъ разъ настолько больше истиннаго, насколько другой меньше; поэтому среднее арифметическое изъ обоихъ отсчетовъ будетъ точно соответствовать истинѣ. Но такъ легко исключить влияние ошибки удается очень рѣдко, если дѣло идетъ о другихъ инструментальныхъ погрѣбностяхяхъ. Если, напримѣръ, ось вращенія экваторіала непараллельна оси мира, то ничего больше не остается, какъ опредѣлить горизонтальное и вертикальное уклоненія оси вращенія относительно истиннаго ея положенія, какъ это было указано выше (§ 34), и, зная, такимъ образомъ, неточности въ установкѣ этой оси, принять ихъ во вниманіе при обработкѣ наблюденій.

Ошибки въ конструкціи или въ установкѣ инструмента имѣють ту особенность, что на всѣ наблюденія онѣ влияют совершенно одинаково и въ качественномъ и въ количественномъ отношеніи. Если, напримѣръ, точка нуля круга стоитъ не вѣрно, то каждое наблюденіе съ этимъ инструментомъ, какъ бы хорошо оно ни было сдѣлано, будетъ отличаться отъ истины на величину ошибки нуля, которую выше мы называли ошибкой индекса. Точно также, если цифры меридианнаго круга не имѣють строго цилиндрической формы, то эта неправильность будетъ влиять всегда одну и ту же ошибку въ опредѣленіи времени прохождения звѣзды черезъ меридианъ. Изъ сказаннаго нетрудно видѣть, что

такие ошибки не могут быть исключены простымъ увеличиванемъ числа наблюдений или, лучше сказать, онъ всегда полностью будетъ входить въ полученный результатъ. Ихъ называютъ поэтому систематическими или постоянными ошибками.

Кромѣ указанной причины, опредѣленіе систематическихъ ошибокъ особенно важно потому, что часто характеръ этихъ ошибокъ таковъ, что онѣ слѣдуютъ нѣкоторымъ законамъ и мѣняются периодически съ измѣненіемъ условия, достигая своей прежней величины, когда условия дѣлаются такими же, какими были прежде. Это имѣетъ мѣсто, между прочимъ, при эксцентриситетѣ элипса, при гнѣтѣ круга, или же при существованіи ошибокъ дѣленій на кругѣ, что обыкновенно происходитъ отъ неврѣнной установки круга подъ рѣзкомъ дѣлительной машины во время раздѣленія круга и т. д. Поэтому до тѣхъ поръ, пока инструментъ не изслѣдованъ самымъ тщательнымъ образомъ и не изучены всѣ его свойства, совершенно нельзя рѣшить, отчето происходитъ периодическая ошибка наблюдений, измѣняющаяся по опредѣленному, но еще неизвѣстному закону, и нельзя сказать, есть ли это результатъ инструментальныхъ погрѣшностей, или же это вовсе не ошибка, а свойство наблюдаемаго нами явленія, и до тѣхъ поръ, пока мы не сумѣемъ дать опредѣленный отвѣтъ на этотъ вопросъ, т.-е. до тѣхъ поръ, пока будетъ возможно смѣшиваніе двухъ совершенно различныхъ вещей, дальнейшее развитіе нашихъ свѣдѣній объ окружающей насъ природѣ невозможно.

Совершенно иной характеръ носятъ такъ называемыя ошибки наблюдений, которыя зависятъ отъ несовершенства нашихъ чувствъ или отъ другихъ подобныхъ причинъ. Эти ошибки не подчиняются, повидимому, никакому закону и слѣдуютъ простой случайности. Ихъ называютъ поэтому, въ отличіе отъ вышеуказанныхъ, случайными ошибками. Неточность, съ которой нашъ глазъ замѣчаетъ прохожденіе звезды черезъ нить, или съ которой ухо воспринимаетъ удары маятника часовъ, служащихъ для наблюдения, измѣненія погоды или температуры, вызывающія мгновенныя перемѣны въ величинѣ рефракціи или въ состояніи инструмента, бѣльшая или меньшая напряженность нашего вниманія и масса другихъ подобныхъ причинъ обуславливаютъ то, что наблюдения всегда даютъ намъ величины то нѣсколько большія, то нѣсколько меньшія истинныхъ. Положимъ, напримѣръ, что мы сдѣлали подрядъ нѣсколько опредѣленій широты мѣста и, принимая во вниманіе вышеупомянутыя систематическія ошибки инструмента, имѣемъ:

въ первый день . . . .	48° 12' 35"
во второй » . . . .	48 12 33
въ третій » . . . .	48 12 34

Какое изъ этихъ чиселъ надо считать соответствующаю истиннѣ или наиболее близкимъ къ ней?

Простое разсужденіе открываетъ намъ путь къ рѣшенію этого вопроса. Такъ какъ ошибки, о которыхъ идетъ рѣчь, должны быть случайныя, то онѣ одинаковое число разъ и, вообще говоря, на одинаковую величину то уменьшаютъ, то увеличиваютъ истинный результатъ; поэтому съ большою вѣроятностью можно принять, какъ и во многихъ другихъ случаяхъ, что среднее арифметическое ближе всего подходитъ къ истиннѣ, и, слѣдовательно, чтобы получить наиболее точный результатъ, нужно взять среднее арифметическое изъ всѣхъ отдѣльныхъ наблюдений. Въ последнемъ примѣрѣ среднее равно 48° 12' 34", эту величину, на основаніи только-что сказаннаго, и слѣдуетъ разсматривать какъ наиболее точное значеніе искомой широты мѣста.

Очевидно, что такой приемъ даетъ тѣмъ болѣе точный результатъ, чѣмъ болѣе сдѣлано наблюдений, если только предположить, что всѣ они произведены при совершенно одинаковыхъ условіяхъ, и ни одному изъ нихъ нельзя отдать большаго предпочтенія, чѣмъ вѣсѣмъ остальнымъ. Если же эти условія не соблюдаемы, что случается довольно часто,

если, например, из 30 наблюдений 10 сделаны при лучшей погоде, 10 болѣе искуснымъ наблюдателемъ, а остальные 10 съ болѣе совершеннымъ инструментомъ, или, короче, если наблюдения имѣютъ, какъ обыкновенно говорятъ, различный вѣсъ, то указанное выше простое правило болѣе не пригодно. Какъ же надо поступать въ данномъ случаѣ?

Еще труднѣе дать отвѣтъ на этотъ вопросъ въ томъ случаѣ, когда изъ наблюдений требуется найти возможно болѣе точныя значенія нѣсколькихъ величинъ сразу. Чтобы пояснить это примѣромъ, вспомнимъ (часть I, § 83), что астрономы составляютъ таблицы для солнца и планетъ, изъ которыхъ безъ большого труда можно найти положенія этихъ свѣтилъ для любого момента времени. Но въ основаніе своихъ вычисленій оны должны для каждой планеты принять тѣ значенія шести ея элементовъ, которыя кажутся имъ наиболее вѣроятными. Такъ какъ взятыя значенія элементовъ не будутъ, безъ сомнѣнія, вполнѣ отвѣчать истинѣ, то вычисленное положеніе планеты не будетъ точно совпадать съ дѣйствительнымъ; эти, въ концѣ концовъ, неизбежныя разногласія вычисленій съ наблюдениями вызываютъ необходимость исправить ошибки нашихъ таблицъ, вводя болѣе точныя значенія основныхъ элементовъ. Какъ же мы должны поступать, чтобы достигнуть этой цѣли?

**§ 48. Способъ наименьшихъ квадратовъ.** Только-что поставленные вопросы относятся къ теоріи вѣроятностей, которая играетъ въ высшей степени важную роль не только въ астрономіи, но и въ общественной жизни, напримеръ, въ вопросахъ о страхованіи, о потеряхъ и т. д. Первыя основанія этой науки были положены Паскалемъ, Моавромъ, Гюйгенсомъ, Лейбницемъ, Бернулліи и другими; но такъ называемымъ способомъ наименьшихъ квадратовъ, составляющимъ въ высшей степени трудное примѣненіе теоріи вѣроятностей къ цѣлямъ естествознанія, мы обязаны гениямъ Лапласа и Гаусса. Сущность этого способа мы постараемся высказать на нижеслѣдующихъ примѣрахъ.

Положимъ, что въ какой-нибудь день мы съ возможно болѣею тщательностью пронаблюдали положеніе солнца и, сравнивъ наблюдения съ показаніями таблицъ, нашли, что послѣднія даютъ для долготы солнца величину, на 40' меньшую наблюдаемой. Чѣмъ обусловливается эта ошибка? Она можетъ зависеть отъ того, что при вычисленіи принято невѣрное значеніе или эпохи, или эксцентриситета, или большой полуоси, короче говоря, отъ неточности какого-нибудь одного или нѣсколькихъ изъ шести элементовъ; но можетъ случиться, что и всѣ шесть элементовъ приняты неточно? И послѣднее допущеніе наиболѣе вѣроятно, такъ какъ мы не имѣемъ никакого основанія предполагать, что одна изъ основныхъ величинъ была взята вполнѣ точно.

Далѣе уже требуется нѣкоторое искусство для того, чтобы опредѣлить, какое вліяніе оказываетъ на долготу планеты каждый элементъ въ отдѣльности, и на сколько надо измѣнить всѣ элементы, чтобы уничтожить найденную выше ошибку въ 40", зависящую, по предположенію, исключительно отъ неточности элементовъ. Такъ какъ каждому элементу соответствуетъ опредѣленная часть этой ошибки, то очевидно, что число наблюдений, необходимыхъ для рѣшенія нашей задачи, должно равняться числу элементовъ, и мы должны, следовательно, имѣть шесть наблюдений, чтобы найти всѣ тѣ поправки, которыя надо прибавить къ раньше принятымъ значеніямъ элементовъ, послѣ чего они уже точно представляютъ наблюденныя величины.

Все это требуетъ длинныхъ и утомительныхъ вычисленій. Но когда, наконецъ, эти вычисленія будутъ выношены и найденныя шесть элементовъ будутъ вполнѣ соответствовать принятымъ по вниманію шести наблюдениямъ, то спрашивается, будутъ ли эти новыя значенія элементовъ вполнѣ согласоваться съ истинными ихъ величинами? Это дѣйствительно было бы такъ, если бы наблюдения были совершенно точны и вполнѣ свободны отъ ошибокъ, чего, однако, никогда не бываетъ. Если бы даже мы совершенно освободили наблюдения отъ всѣхъ систематическихъ ошибокъ, то все же остаются еще случайныя ошибки, и чтобы при указанныхъ выше свойствахъ послѣднихъ имѣть возможность найти вѣроятнѣйшія

значения планетных элементов, нужно сравнивать таблицы наших предшественников не съ шестью, а съ возможно большим числом возможно лучших наблюдений. Возьмемъ, напримеръ, 100 наиболее удачныхъ наблюдений и каждое изъ нихъ сравнимъ съ таблицами. При этомъ надо замѣтить, что не все наблюдены имѣютъ одно и то же достоинство, одинъ и тотъ же вѣсъ. Мы должны теперь узнать, какимъ образомъ, принимая во внимание и послѣднее обстоятельство, можно найти такія значенія шести элементовъ, чтобы они если не совершенно точно представляли все 100 наблюдений, что, понятно, и невозможно, то, по крайней мѣрѣ, удовлетворяли бы ихъ лучше, чѣмъ какія-нибудь другія значенія этихъ элементовъ. Читатель пойметъ и безъ дальнѣйшихъ разъясненій, что эта задача является далеко не простой и не легкой. Но, съ другой стороны, нетрудно видѣть, что рѣшеніе ея представляетъ одинъ изъ самыхъ важныхъ и существенно необходимыхъ вопросовъ астрономіи.

Главное значеніе способа наименьшихъ квадратовъ заключается не въ томъ, что онъ даетъ возможность отыскать значенія искомымъ величинъ, наиболее близкія къ истинѣ, такъ какъ это очень часто можно сдѣлать и другими способами, а въ томъ, что онъ даетъ опредѣленные указанія относительно точности получаемого вычислителемъ результата. И послѣднее тѣмъ болѣе важно, что безъ указанія точности опредѣленной величины самое опредѣленіе не имѣетъ ровно никакого значенія. Такъ, напримеръ, все полученныя величины параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ лежатъ почти на самой границѣ того, что еще доступно нашимъ измѣреніямъ, и лишь правила теоріи вѣроятностей даютъ намъ увѣренность, что ошибки найденныхъ результатовъ еще меньше, чѣмъ самые результаты.

Такимъ образомъ, этотъ анализъ не только явился для геометровъ могущественнымъ средствомъ, позволяющимъ освободиться отъ ошибокъ наблюдений и достигать результатовъ, отличающихся недостижимой прежде опредѣленностью, но и послужилъ толчкомъ къ очень важнымъ изслѣдованіямъ, которыя безъ него, можетъ-быть, остались бы невѣдомыми. Такъ, напримеръ, ускореніе средняго движенія луны (часть III, § 56) прежде считали простой ошибкой и почти не хотѣли его признавать до тѣхъ поръ, пока Лапласъ послѣ тщательнаго сравненія старыхъ и новыхъ наблюдений нашелъ, что вѣроятность существованія этого ускоренія почти граничитъ съ достоверностью. Получивъ такой результатъ, Лапласъ вновь пересмотрѣлъ всю теорію луннаго движенія, и, наконецъ, ему посчастливилось доказать, что неизвѣстная и такъ долго безъ всякаго успѣха разсматриваемая причина этого явленія заключается въ измѣненіи эксцентриситета земной орбиты. Точно также и къ своей гипотезѣ о происхожденіи солнечной системы Лапласъ пришелъ послѣ того, какъ убѣдился, что можно спасти миллионъ пропавъ одного за то, что малость наклонностей у всехъ планетныхъ орбитъ и совпаденіе направлений поступательнаго и вращательнаго движеній всехъ планетъ не представляютъ собою случайнаго явленія.

§ 49. **Обсерваторія.** Въ предыдущихъ параграфахъ мы описали нѣкоторые изъ наиболее важныхъ астрономическихъ инструментовъ и показали, какъ ими надо пользоваться, чтобы выполнить ту или другую научную задачу. Теперь мы познакомимъ читателя съ устройствомъ тѣхъ зданій, гдѣ устанавливаются эти инструменты. Зданія эти, носившія у древнихъ грековъ названіе *эксолі*, въ средніе вѣка стали называться *Observatorium* или *Specula*. Названіе обсерваторій за ними сохраняется и въ настоящее время. Впрочемъ, Гевелій въ 1680 году называлъ свою обсерваторію довольно страннымъ именемъ «*Stellaeburgum*».

Принципы, по которымъ строятся современныя обсерваторіи, значительно различаются отъ тѣхъ, которыми руководились астрономы предшествовающихъ столѣтій; это объясняется, главнымъ образомъ, тѣмъ, что точность, свойственная астрономическимъ наблюденіямъ, въ настоящее время требуетъ соответствующей установки инструментовъ и изысканной прочности фундаментовъ. Англичанинъ, отецъ новой практической астрономіи, мы обязаны тѣмъ, что построивъ въ концѣ XVIII столѣтія свою прекрасную гринвичскую обсерваторію, она дала тѣмъ самымъ первый образецъ учрежденія, соответствующаго современнымъ требо-

важныя науки. Однако, этотъ примѣръ, принесшій скоро весьма важныя результаты, долгое время не обращалъ на себя должнаго вниманія, и на континентѣ ни одна изъ построенныхъ до XIX столѣтія обсерваторій не удовлетворяла вполне тѣмъ условіямъ, которыя теперь считаются необходимыми для всякой обсерваторіи, и о которыхъ мы считаемъ своимъ долгомъ сказать здѣсь нѣсколько словъ.

Прежде всего, та мѣстность, гдѣ выстроена обсерваторія, не должна подвергаться сотрясеніямъ, такъ какъ послѣднія сильно мѣшаютъ точнымъ наблюденіямъ; кромѣ того, въ зданіи должна парить достаточная тишина, чтобы можно было слышать, напримѣръ, удары маятника часовъ; поэтому надо избѣгать близости бойкихъ проѣзжихъ дорогъ, колоколенъ и т. п. Кругозоръ, по возможности, не долженъ быть стѣсненъ, впрочемъ, это второе условіе можетъ быть соблюдено съ гораздо меньшей строгостью, чѣмъ первое требованіе, и во всякомъ случаѣ неособенно важно, если отдѣльныя части горизонта покрыты высокими зданіями или холмами. Двѣгитательно, если только не закрыта ужь слишкомъ большая или очень интересная часть неба, то астроному придется отказаться лишь отъ нѣкоторыхъ, быть-можетъ, не особенно важныхъ наблюденій, тогда какъ сотрясенія почвы или шумъ лишатъ добытые ширь результаты всякой точности. Какъ вълѣдствіе этихъ двухъ причинъ, такъ и для того, чтобы имѣть необходимое мѣсто для желательнаго со временемъ расширенія обсерваторіи, послѣдняя должна быть совершенно изолирована отъ другихъ построекъ и окружена свободнымъ находящимся въ ея распоряженіи участкомъ земли. Чтобы можно было вести точныя метеорологическія записи, которыми затѣмъ астрономы пользуются для опредѣленія вліянія атмосферныхъ условій на наблюденія, чтобы устроить вѣрное вліяніе гелоты, отражаемой почвой, на ясность изображеній, и чтобы защитить инструментъ отъ пыли, мѣстность, принадлежащую обсерваторіи, необходимо обсадить деревьями и другою растительностью такъ, чтобы она представляла собой родъ сада. Самое зданіе должно быть возможно ниже, кромѣ того, чтобы устранить вліяніе вѣтрихъ сотрясеній или неравномѣрнаго нагрѣванія стѣнъ, подставки инструментовъ, требующихъ неизмѣнной установки, нужно совершенно изолировать отъ фундамента и вообще отъ всего остальнаго строенія. Слѣдуетъ затѣмъ устроить прорѣзы по меридіану, а въ большихъ обсерваторіяхъ и по первому вертикалу, и прорѣзывать окна болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, которыя позволяли бы выставлять наружу всю объективную часть подвижныхъ инструментовъ. Кромѣ того, нужно имѣть, смотря по надобности, одну или двѣ вращающіяся башни, или другое какое-нибудь приспособленіе, позволяющее дѣлать наблюденія въ любомъ направлеши и служащее въ то же время необходимымъ прикрыттемъ инструмента отъ пыли, вѣтра и т. п. Далѣе надо устроить большія и крѣпкія террасы или платформы для такихъ наблюденій, которыя требуютъ вполне открытаго небеснаго свода. Впрочемъ такія платформы излишни, когда подобныя наблюденія можно производить, ставя инструментъ и необходимыя для наблюденій принадлежности прямо въ саду. Наконецъ, весь персоналъ долженъ быть размѣщенъ въ жилыхъ строеніяхъ, примыкающихъ прямо къ обсерваторіи, такъ какъ только при этомъ условіи можно пользоваться каждою минутою благоприятной погоды дня или ночи.

Полный комплектъ инструментовъ состоитъ изъ главныхъ и вспомогательныхъ приборовъ. Къ первымъ относятся: меридіанный кругъ, пассажныя инструменты, установленныя въ первомъ вертикалѣ, телескопъ съ параллаксической установкой возможно большихъ размѣровъ, астрографъ, кометоскатель и нѣсколько малыхъ трубокъ. Вспомогательныя инструменты суть часы съ маятниковъ, хронометры, спектральныя аппараты, хронографы и т. д.; кромѣ того на обсерваторіяхъ имѣются геодезическіе и метеорологическіе приборы, но послѣдними обсерваторія снабжается лишь настолько, насколько это нужно для астрономическихъ изысканій: дабы идти приспособленія для фотографическихъ дѣлаея, и, наконецъ, устраивается физическая казеница для спектроскопическихъ изысканій.

дованій надъ различными земными элементами и глыбами. Эта полная обстановка не является слишкомъ дорогой, но она можетъ оказаться совершенно безполезной, если нѣтъ достаточнаго числа наблюдателей. Поэтому теперь существуетъ всего лишь двѣ или три обсерватории, снабженныя полнымъ комплектомъ инструментовъ, большая же часть изъ нихъ занимается специальными измѣреніями или выполненіемъ какой-нибудь частной программы, пользуясь для этого большимъ или меньшимъ числомъ астрономическихъ инструментовъ.

По вѣншей формѣ все большія современныя обсерваторіи можно раздѣлять, въ общемъ, на два рѣзко отличающихся другъ отъ друга класса. Къ первой категоріи относятся тѣ, въ которыхъ рабочіе кабинеты, библиотека и здания, назначенныя для наблюдений и для квартиръ, расположены, вообще говоря, очень близко другъ къ другу, такъ что все вмѣстѣ образуетъ родъ длиннаго здания, растянутаго по линіи, перпендикулярной къ плоскости меридіана; ко второму же классу принадлежатъ тѣ обсерваторіи, въ которыхъ здания, назначенныя для наблюдений, расположены въ видѣ креста, и къ одному концу этого креста примыкаютъ помѣщенія, служащія для квартиръ астрономовъ. Мы опишемъ здѣсь двѣ типичныя обсерваторіи, а именно Пулковскую и вѣнскую, которыя не только являются блестящимъ памятникомъ просвѣщенной щедрости правительствъ, но и доставляютъ своимъ целесообразнымъ устройствомъ и изысканнымъ стилемъ вѣчную славу ихъ гениальнымъ строителямъ.

Пулковская обсерваторія близъ Петербурга была построена въ 1839 году архитекторомъ Брюловымъ по указаніямъ В. Я. Струве.

Зданіе, изображенное схематически на рис. 329, стоитъ на довольно богатомъ растительностью холмѣ, посрединѣ отведеннаго подъ обсерваторію участка земли (площадь около 21 десятины); съ вершины этого холма, возвышающагося на 74 метра надъ уровнемъ моря, можно далеко видѣть все окрестности, внизу же расположено большое Пулковское село съ значительнымъ по числу населеніемъ; это село лежитъ вдоль шоссе и отстоитъ на 20 верстѣ отъ центра столицы и на 8 верстѣ отъ царскосельскаго дворца. Къ главному зданію обсерваторіи *ABC* принадлежатъ также находящіяся въ саду отдѣльныя башни *b*, *b'*, снабженныя вращающейся крышей и служащія для практическихъ упражненій учащихся корридоры *A* вѣдуть къ примыкающимъ къ обсерваторіи жильнымъ постройкамъ *K*, въ одной изъ которыхъ находится также механическая мастерская, наконецъ, *L* суть одноэтажныя строенія, назначенныя для конюшенъ, вращенной, ледника, бани и т. д. Длина всей постройки въ направленіи съ запада на востокъ равна 260 метрамъ. Съ южной стороны, гдѣ холмъ понижается менѣе круто, чѣмъ съ другихъ сторонъ на разстояніи одного километра отъ границы обсерваторской земли, нельзя строить никакихъ зданий безъ особаго разрѣшенія директора. Обсерваторія построена въ некоторомъ удаленіи отъ научнаго центра, такъ какъ лишь на такомъ разстояніи отъ столицы прекращается болотистая мѣстность, и только тамъ можно было найти достаточно устойчивую почву. Такое удаленіе очень нежелательно для подобныхъ учрежденій, но въ данномъ случаѣ, благодаря вѣдательной заботѣ обо всѣхъ нуждахъ астрономовъ, оно почти неощутимо.

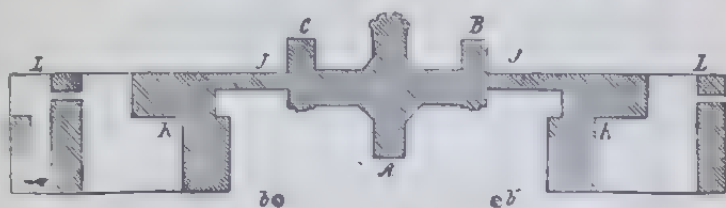


Рис. 329.

Для болѣе подробнаго описанія какъ сама обсерваторія *ABC*, такъ и принадлежащихъ обсерваторіи инструментовъ намъ послужитъ рис. 330 (стр. 894), по которому, пользуясь приложеннымъ масштабомъ, можно получить понятіе о горизонтальныхъ размѣрахъ нижняго этажа. Линія *a* обращеннаго на сѣверъ главнаго входа *A*, вѣдетъ черезъ



перистиль *b* и вестибюль *c* въ круглой залѣ *G*, который восемь колоннами отдѣленъ отъ восьмиугольной галлерей, откуда можно пройти во все остальные помещенія нижняго этажа обсерваторіи. Колонны выдерживаютъ всю тяжесть купола, и ихъ фундаменты изолированы отъ остальнаго зданія. На одной изъ нихъ укрѣплены нормальные часы Кесельса. Ченаре пролета *p* могутъ служить для сохраненія переносныхъ инструментовъ, остальные же четыре представляютъ проходы изъ круглаго зала въ восьмиугольную галлерей. Къ востоку и къ западу отъ главной залы находятся инструменты, установленныя въ меридіанѣ, западный залъ *D* содержитъ большой пассажный инструментъ Эртеля съ отверстиемъ въ 16 сантиметровъ. Этотъ инструментъ покоится на столбахъ *d*, фундаменты которыхъ, подобно фундаментамъ другихъ инструментовъ, помещающихся въ залахъ *D*, *E*, *F*, совершенно изолированы отъ пола, а подъ землей окружены двойной стѣнкой, предохраняющей ихъ отъ внезапнаго измѣненія температуры. На разстояніи около

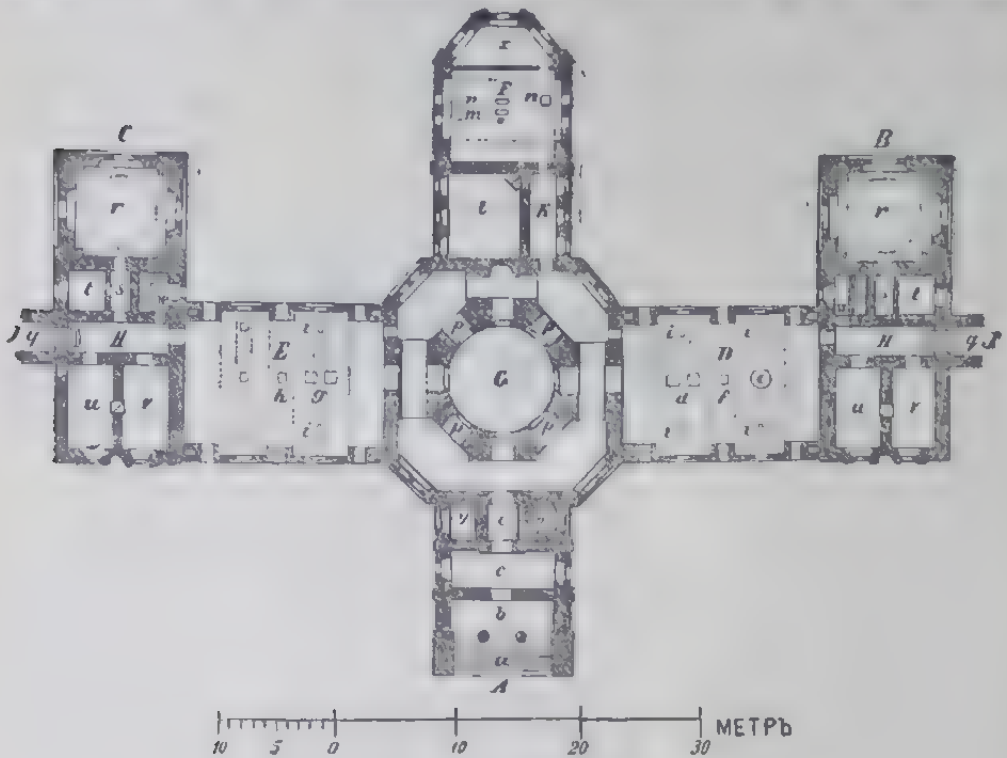


Рис. 330.

170 метровъ отъ пассажнаго инструмента находятся мѣры. Въ *e* установленъ вертикальный кругъ Эртеля; диаметръ этого круга равенъ 110 сантиметрамъ, отверстие же трубы 15 сантиметрамъ. На колоннѣ *f* укрѣплены часы Хаута. Въ восточной залѣ *E* находится меридианный кругъ Рейсольда, диаметръ котораго равенъ приблизительно 120 сантиметрамъ, а отверстие трубы 15 сантиметрамъ. Въ *h* установлены часы Тиде, въ *i* устроены коллиматоры. Остальные три столба въ залѣ *E* служатъ для временной установки въ меридіанѣ того или другого инструмента. Къ югу отъ залы *G* корридоръ *K* ведетъ мимо помещенія *l*, служащаго для складки обсерваторскихъ изданій, въ комнату *F*, назначенную для наблюденія въ первомъ вертикаль; для этой цѣли здѣсь установленъ пассажный инструментъ Рейсольда съ отверстиемъ объектива въ 16 сантиметровъ, а на колоннахъ *m*, *n* и *o* укрѣплены часы Делта и коллиматоры. Комната *x*, сильно нагреваемая вслѣдствіе своего южнаго положенія, отдѣлена отъ рабочаго помещенія стѣной. Инструменты въ залахъ *D* и *F* стоятъ подъ деревянными чехлами, которые защищаютъ инструменты отъ пыли и атмосфер-



Общій видъ Пулковской обсерваторіи.



1. Башня 30-дюймового рефрактора въ Пулковѣ.



2. Разрѣзь башни 30-дюймового рефрактора въ Пулковѣ.



1. Башня 30-дюймового рефрактора въ Пулковѣ.



2. Разрѣзь башни 30-дюймового рефрактора въ Пулковѣ.

ныхъ осадковъ; эти чехлы, поставленные на желѣзные рельсы, передъ началомъ работъ легко можно отодвинуть въ сторону. Надъ каждымъ изъ инструментовъ, помещенныхъ въ залахъ *D, E, F*, сдѣланы прорѣзы, которые по желанію открываются и закрываются при помощи люковъ. Изъ восточной и западной залы корридорчики *H* ведутъ въ комнаты *r, s* и *t*, которая на западѣ служитъ рабочимъ кабинетомъ директора, а на востокѣ помещеніемъ для дневныхъ занятій астрономовъ. Въ комнатѣ *r* на западѣ помещаются члены, соединенные электрическимъ токомъ съ Петербургомъ; рядомъ съ этой комнаткой помещается канцелярія *v*. На востокѣ комнаты *u* и *w* служатъ или для пріема временныхъ гостей, или для дневныхъ работъ астрономовъ. Корридорчики *H* копчатся лестницами *q* и болѣе низкими корридорами *J*, ведущими въ жилыя помещенія. У главнаго входа особая комнатка *y* назначена для храненія и изпользованія хронометровъ, и температура въ ней можетъ быть измѣняема по произволу.

Колонны, образующія кругъ въ залѣ *G*, и комнаты *r* въ боковыхъ пристройкахъ *B* и *C* кончаются сводами, которые поддерживаютъ башни съ вращающимися куполами и установленные въ этихъ башняхъ инструменты. Въ средней башнѣ полъ возвышается надъ первымъ этажемъ на 20 метровъ, въ боковыхъ же на 16. Наверхъ ведутъ лестницы *W* и *Z*. Перспективное изображеніе самой обсерваторіи на прилагаемой при семь таблицъ позволяетъ составить общее понятіе объ устройствѣ и расположеніи башенъ. Въ нихъ вращающаяся часть поставлена на рельсы и приводится въ движеніе при помощи особой рукоятки. Продолженіе стѣнъ комнатъ *m, v* и восьмугульного пространства, окружающаго залъ *G*, образуютъ верхній этажъ, гдѣ устроены комнаты для молодыхъ астрономовъ, помещеніе для библиотеки и г. п. Въ средней большой башнѣ установлены рефракторъ Мерца и Малера съ отверстіемъ въ 38 сантиметровъ и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6,8 метровъ. Въ восточной башнѣ помещается гелиометръ съ отверстіемъ въ 19 сантиметровъ, вышедшій также изъ мастерской Мерца и Малера. \* Въ западной башнѣ установленъ астрографъ работы Репольда. \*

Какъ постройки *D, E* и *F*, такъ и самыя башни выстроены, во избѣжаніе вредныхъ вліяній температуры и сырости, изъ дерева и снабжены деревянными полами предосторожностію, совершенно необходимая при петербургскомъ климатѣ.

Упомянутый выше 38-сантиметровой рефракторъ Мерца не только при установкѣ былъ самымъ большимъ инструментомъ на земномъ шарѣ, но и оставался таковымъ въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ. И только въ новѣйшее время его весьма значительно превзошли гигантскіе телескопы, сооруженные, главнымъ образомъ, въ Англии и въ Америкѣ. Чтобы вернуть обсерваторію на прежнюю высоту, въ 1880 году О. Струве, бывший въ то время директоромъ этого учрежденія, побудилъ русское правительство приобрести новый телескопъ, который въ настоящее время занимаетъ весьма видное мѣсто среди самыхъ большихъ инструментовъ (сравни § 6, стр. 792). Объективъ этого телескопа шліфовался Альваномъ Кларкомъ, остальные же части инструмента сдѣланы Репольдомъ, установленъ онъ въ отдѣльной вращающейся башнѣ, выстроенной специально для этой цѣли и изображенной на прилагаемой при семь таблицъ. Точно также съ теченіемъ времени, по мѣрѣ развитія науки, пулковская обсерваторія была снабжена приборами для фотографическихъ изслѣдованій, превосходными спектральными аппаратами и другими необходимыми инструментами.

Мы не будемъ останавливаться на многочисленныхъ мелкихъ приборахъ, которыми богато снабжена обсерваторія, и упомянемъ только, что она имѣетъ превосходную библиотеку, которой принадлежатъ также нѣкоторыя весьма драгоцѣнныя рукописи.

Полный штатъ обсерваторіи состоитъ изъ директора, его помощника, 4 старшихъ астрономовъ, 4 адъютантовъ, 2 вычислителей и нѣсколькихъ сверхштатныхъ астрономовъ \*).

\* Подробное описаніе пулковской обсерваторіи читатель можетъ найти въ брошюрѣ А. А. Иванова: Николаевская Главная Астрономическая Обсерваторія въ Пулковѣ. СПб 1901 г. Цѣна 50 коп.

Представителем второго типа обсерваторий является новая вѣнская обсерваторія, планъ которой былъ выработанъ архитекторами Фельнеромъ и Хельмеромъ по указаніямъ К. Литрова. Ее начали строить лѣтомъ 1874 года; но, къ сожалѣнію, ея основатель, который видѣлъ цѣль своей жизни въ устройствѣ въ Вѣнѣ новой обсерваторіи, удовлетворяющей вѣсьмъ современнымъ требованіямъ, не дожидая до ея окончанія. Онъ умеръ послѣ тяжкой болѣзни осенью 1877 года въ Венеціи, когда стѣны зданія только-что были подвѣшены подъ крышу; внутреннее же устройство, установка инструментовъ и т. под. все это было произведено подъ руководствомъ Вейса.

Новая вѣнская обсерваторія лежитъ посреди большого участка земли въ 5,6 гектаровъ \*) на юго-восточномъ краю возвышенности, на которой во время послѣдней войны съ турками находился лагерь послѣднихъ, и которая вслѣдствіе этого известна еще и теперь подъ именемъ турецкаго вала; она находится въ 4 километрахъ отъ башни Стефана, которую можно считать центромъ города, и въ 3 километрахъ отъ новаго университета. Эта возвышенность поднимается на 80 метровъ надъ среднимъ уровнемъ Дуная, такъ что совершенно выходитъ изъ области городскихъ тумановъ и пыли.

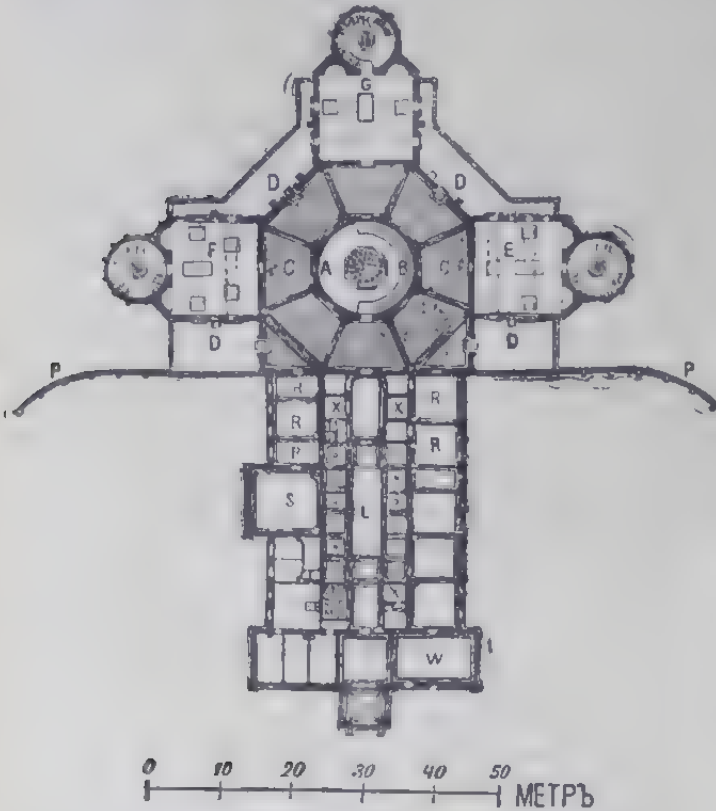
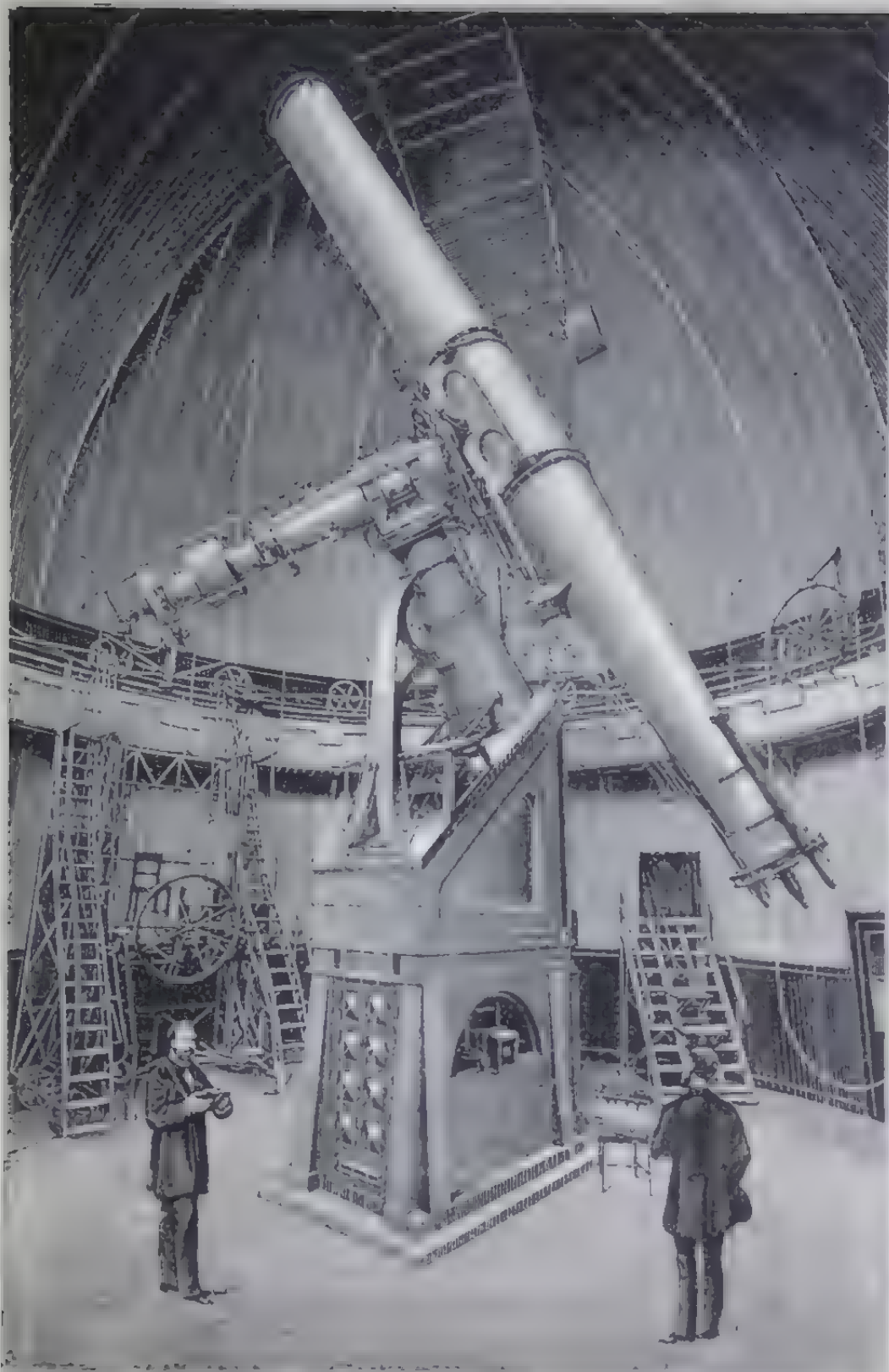


Рис. 331.

Подъ самой обсерваторіей возвышается куполь AB, находящаяся, какъ это видно изъ рисунка 331, почти посрединѣ зданія; въ немъ помѣщается самый большой инструментъ обсерваторіи, а именно рефракторъ 1 руб 6 а съ отверстіемъ въ 68 сантиметровъ и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 10,5 метровъ (см. приложенную при семъ таблицу). Подъ куполомъ находится кольцеобразный залъ C, въ которомъ съ четырехъ сторонъ устроены выходы на террасу D, назначенную для наблюденій подъ открытымъ небомъ. Съ востока, съвера и запада сдѣланы пристройки, изъ которыхъ цѣль E и F предназначены для меридианныхъ наблюденій, а третья G для лассажнаго инструмента въ первомъ вертикаль. Восточный меридианный залъ E предназначенъ для главнаго меридианнаго круга новой обсерваторіи. Западный залъ F снабженъ двумя прорѣзами: подъ однимъ изъ нихъ стоить металлъ отъ круга старой вѣнской обсерваторіи, построенный еще Хр. Штаркомъ по системѣ Радхенбаха, подъ другимъ прорѣзомъ установлены переносимы пассажныи инстру-

\*) Одинъ гектаръ немного менѣе десятины.



27-дюймовый рефракторъ Вѣнской обсерваторіи.

ментъ и вертикальный кругъ. Эти приборы назвачены для практическихъ работъ начинающихъ астрономовъ или же для какихъ-нибудь особыхъ изслѣдованій.

Каждое изъ упомянутыхъ выше трехъ боковыхъ строеній заканчивается башнею, причеиъ западная башня *H* заключаетъ назваченный для текущихъ наблюдений рефрактора Азъвана Кларка съ отверстиемъ въ 30 сантиметровъ; въ сѣверной башнѣ *K* помещается кометоскатель Мерца съ отверстиемъ въ 16 снт., построенный по вѣдѣ Вилларсо (сравни рис. 306, стр. 855); вращающийся куполъ этой башни оставляетъ открытой  $\frac{1}{8}$  часть небеснаго свода, и объ его устройствѣ можно приблизительно судить по рис. 332. Наконецъ, въ западной башнѣ помещается рефракторъ Фраунгофера съ отверстиемъ въ 16 снт., бывший главнымъ инструментомъ въ старой обсерваторіи.

Приступая теперь къ описанію жилыхъ помѣщеній, мы прежде всего замѣтимъ, что нѣсколько покатая къ югу мѣстность, на которой стоитъ обсерваторія, позволила расположить первый и второй этажи такъ, какъ это указано на рис. 333 (стр. 898), представляющемъ собой сѣченіе обсерваторіи по плоскости меридіана. Такое расположение является очень удобнымъ, такъ какъ свѣтовые лучи отъ небесныхъ свѣтилъ идутъ высоко надъ крышей и не загораживаются постройками. Планъ, данный на рис. 331 (стр. 896), представляетъ собой горизонтальную плоскость, на которую спроектированы жилия комнаты перваго и втораго этажей.

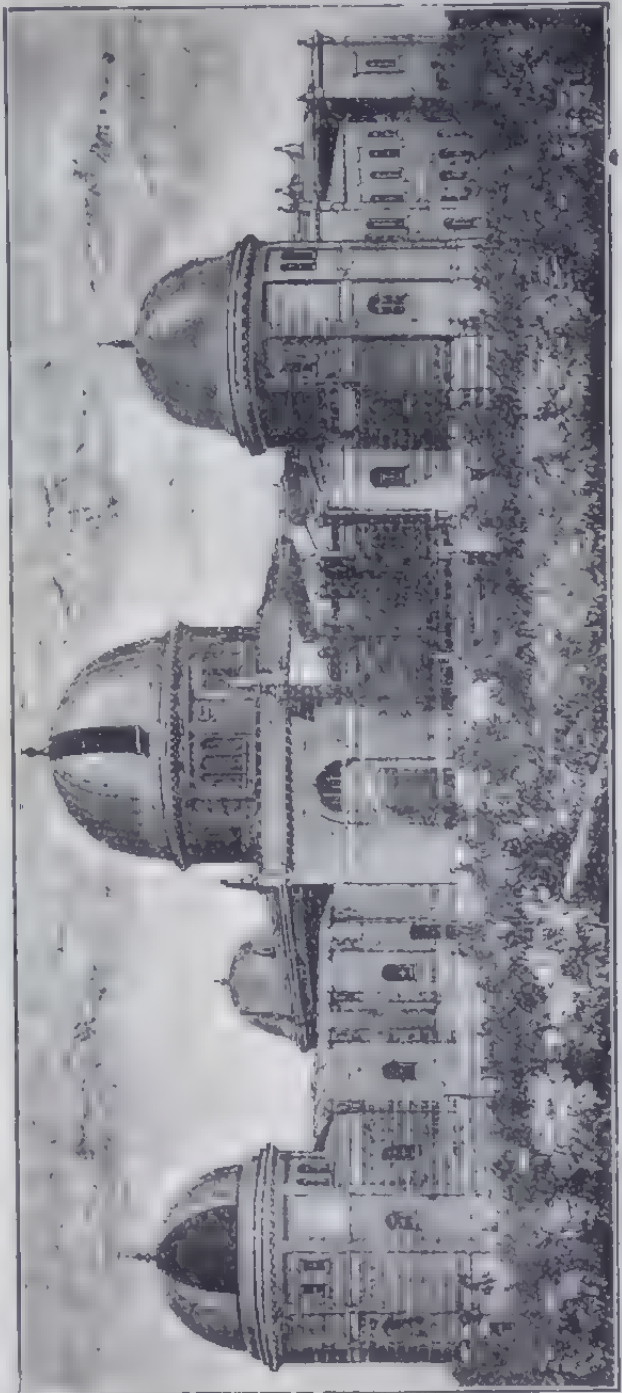


Рис. 332.

На этомъ рисункѣ видны: освѣщаемая сверху домовая лѣстница *L*, маленькая лѣстница *M* и примыкающія непосредственно къ обсерваторіи рабочія комнаты *N* и библіотека *S*. *W* — это кабинетъ директора, *X* — дворъ, сажаніе для



вентиляции и освещенія внутреннихъ комнатъ. Въ нижнемъ этажѣ жилой постройки находятся квартиры двухъ наблюдателей, ассистентовъ и нѣсколькихъ служителей и комната для гостей, которымъ предоставляется возможность, въ виду отдаленности турецкаго вала,

перепочевать въ обсерваторію. Въ подвалѣ, окна котораго выступаютъ болѣе чѣмъ на двѣ трети надъ уровнемъ земли, находятся нѣсколько жилыхъ помѣщеній, комната для часовъ, отдѣленіе бібліотеки, мастерская для механическихъ работъ, хозяйственная комната и т. д. Рампы *P* водутъ отъ южной части террасы *D* къ площадкѣ, лежащей передъ жилымъ строеніемъ.

Замѣтимъ, что на рис. 331 (стр. 896) и 333 одинаковыя буквы имѣютъ одно и то же значеніе. Стеклаиная крыша надъ лѣстницей *L* видна только на послѣднемъ рисункѣ, на которомъ она обозначена буквой *O*. Что же касается рис. 332 (стр. 897), то онъ представляетъ фотографію, снятую съ холма, находящагося въ западномъ углу обсерваторской земли.

Здѣсь нельзя не упомянуть, что новая вѣнская обсерваторія, вскорѣ послѣ своего основанія, получила отъ частныхъ лицъ два щедрыхъ пожертвованія. Первое было получено отъ барона Альберта фонъ-Ротшильда, ревностнаго покровителя и мецената наукъ вообще и астрономіи въ частности, который обогатилъ обсерваторію кольчатимъ экваторіаломъ (equatorial coude) съ отверстіемъ въ 38 см.; это былъ въ то время самый большой изъ подобныхъ инструментовъ, да и теперь онъ превзойдетъ по размѣрамъ только новымъ кольчатимъ экваторіаломъ парижской обсерваторіи. Кроме того, баронъ Ротшильдъ предложилъ построить необходимое для новаго инструмента помѣщеніе на его средства и подарилъ обсерваторіи въ который капиталъ, проценты съ котораго даютъ возможность поддерживать инструментъ въ постоянномъ порядкѣ.

Второе пожертвованіе было сдѣлано любителемъ Біэла, который завѣщала

вѣнской обсерваторіи свою частную обсерваторію, богато снабженную превосходными инструментами.

Въ самое послѣднее время при сооруженіи обсерваторіи очень часто не только отдѣляютъ жилыя помѣщенія отъ самой обсерваторіи, но и для каждаго большого инструмента строятъ особыя башни, которыя иногда соединяются корридорами съ квартирами и между

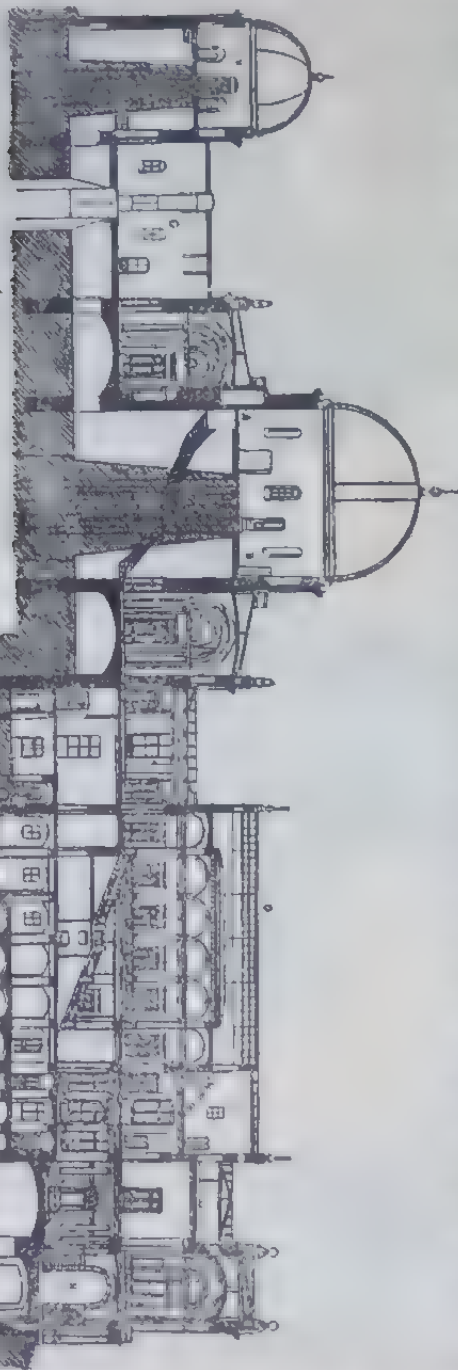
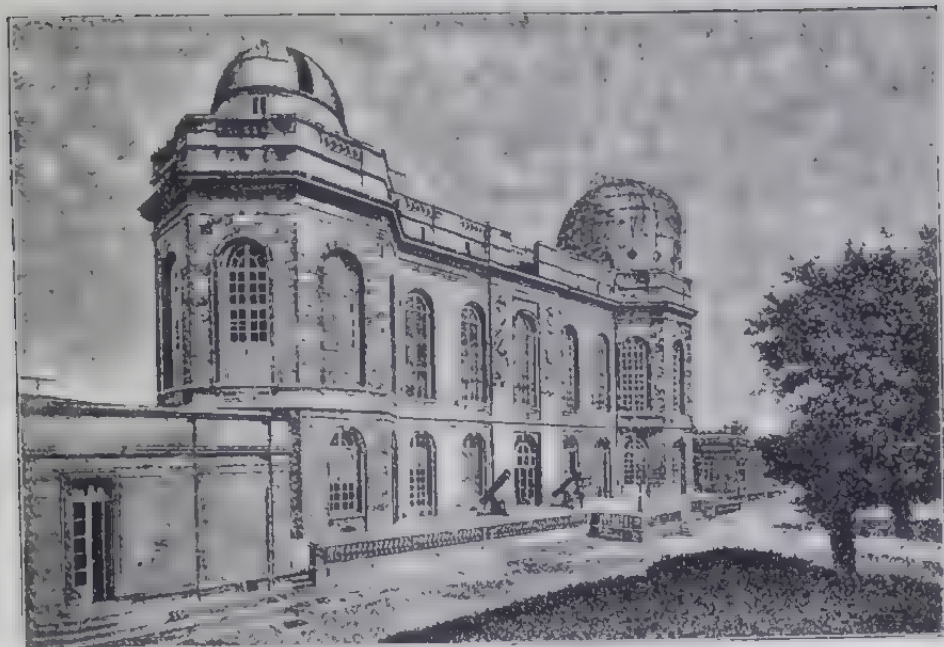
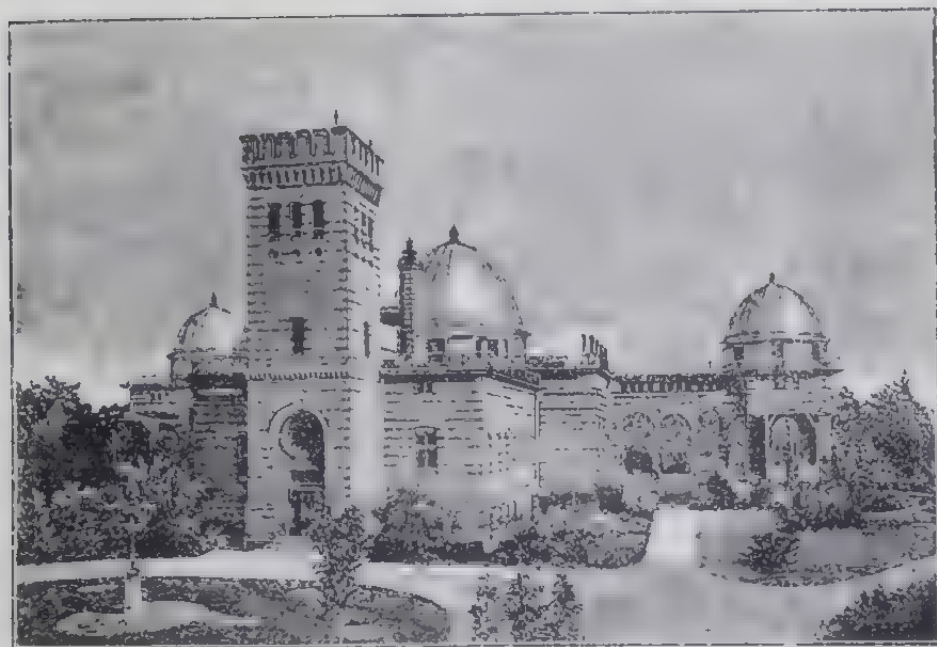


Рис. 333.



1. Общій видъ Парижской обсерваторіи.



2. Общій видъ Потсдамской астро-физической обсерваторіи.

собой. Таковы астрофизическая обсерваторія въ Погедамъ (см. прилагаемую при семь таблицу), обсерваторія въ Страсбургъ и Ницца, изъ которыхъ послѣдняя построена банкиромъ Бишоффштеймомъ. Такое отдѣленіе жилыхъ помѣщеній отъ здания самой обсерваторіи основывается на предположеніи, что, при непосредственной близости жилого здания къ обсерваторіи, появятся воздушные потоки, которые могутъ вызвать нѣкоторыя не-правильности въ рефракціи, повліять на отчетливость изображеній и т. п. Конечно, съ теоретической точки зрѣнія, несомнѣнно, что близость дымовыхъ трубъ и большихъ поверхностей крышъ, вообще говоря, обуславливаетъ токи воздуха, но можно очень сомнѣваться въ томъ, чтобы эти воздушныя теченія, при цѣлесообразномъ расположеніи построекъ, могли оказывать на практикѣ сколько-нибудь замѣтное вліяніе.

Такимъ образомъ, на нѣсколькихъ прекрасныхъ примѣрахъ мы вывели, какими средствами долженъ располагать астрономъ для выполненія своей задачи. Ни одна наука не требуетъ столь дорогихъ инструментовъ и не зависитъ въ такой степени отъ матеріальной поддержки, какъ астрономія. Необыкновеннымъ успѣхомъ, который сдѣлала эта наука, мы обязаны, главнымъ образомъ, никогда не прекращавшейся щедрости, и здѣсь нельзя не отмѣтить въ высшей степени ограднаго соперничества между правительствомъ и частными лицами. Относительно щедрости правительства мы уже говорили выше, причемъ дали нашимъ читателямъ подробное описаніе двухъ наиболее замѣчательныхъ примѣровъ этого рода; этия мы и ограничимся. Что же касается частныхъ пожертвованій, то первый колоссальный телескопъ новаго времени, въ Гатсхедѣ близъ Ньюкастля, былъ сооруженъ богатымъ частнымъ человекомъ Ньюоллемъ (Newall). Точно также снабженныя огромными телескопами обсерваторія въ Ниццѣ, обсерваторія на горѣ Гамилтонъ и обсерваторія Переса были сооружены и содержатся на средства частныхъ лицъ. Но не одні обсерваторіи возникли такимъ образомъ; изъ частныхъ пожертвованій на нужды астрономіи составляются значительныя фонды, которые уже не разъ вызывали въ жизни новыхъ астрономическихъ изслѣдованій, а уже начатыя оказывали значительную поддержку, облегчали печатаніе добытыхъ результатовъ и давали возможность отправлять экспедиціи въ далекія страны.

§ 50. **Важность любительскихъ работъ въ астрономіи.** Въ сочиненіяхъ, подобныхъ настоящему, нѣтъ надобности дѣлать какія-нибудь подробныя изысканія относительно того, насколько благотворное вліяніе оказали на развитіе астрономіи работы свободныхъ и независимыхъ ея покровителей и ихъ помощниковъ, некакихъ въ своихъ занятіяхъ лишь удовлетвореніе любознательности. Вполнѣ достаточно только упомянуть такія имена, какъ: Ф. Байли (Bailey), Гевелли, Шретеръ, Юнгенъ, Варренъ Деда-Рю, Гог. и Дав. Фабрикусъ, Швабе, Р. Каррингтонъ, Вильямъ, Джонъ и Кароліна Гершель, Хорроксъ, Ольберсъ, Энке, Гольдшмитъ, Паллицъ (Palitzsch), Галловой, Бѣла, Дэвисъ, Россъ, В. Гаскони (Gascoigne), Дассель, а также имена многихъ другихъ любителей науки, съ которыми, какъ мы знаемъ изъ предыдущаго, неразрывно связаны построенные успѣхи астрономіи: достаточно, говоримъ мы, упомянуть эти имена, чтобы читателю уже стало ясно, что безъ успѣха любителей развитіе этой области нашихъ знаній запоздало бы на цѣлыя столѣтія. Мы особенно подчеркиваемъ слово этой, такъ какъ намъ кажется, что ни въ какой другой наукѣ любительскія работы не привели столь плодотворнаго результата, какъ въ астрономіи. Мы не будемъ также входить здѣсь въ разсужденія, которыя нередко можно слышать относительно возвышенности астрономическихъ занятій, потому что тотъ, кто ищетъ въ астрономическихъ работахъ лишь удовольствія, лишь наслажденія красотой звѣзднаго неба, не принадлежитъ къ числу людей, заслуживающихъ глубокой признательности со стороны потомковъ.

Только трудолюбіе и глубокія изслѣдованія приносятъ пользу наукѣ и доставляютъ

работавшимъ честь и славу. Причина того, что въ астрономіи любительскія работы приносятъ большую пользу, заключается, главнымъ образомъ, въ доступности этой науки. По какому другому предмету написано столько прекрасныхъ, популярныхъ сочиненій? Со времени Фонтенеля, Ламберта и Лапласа общедоступная астрономія имѣетъ свою самостоятельную литературу, и среди именъ наиболее знаменитыхъ астрономовъ прошлыхъ столѣтій трудно найти такое, которое не было бы извѣстно любителямъ. Значительное число популярныхъ сочиненій по астрономіи вовсе не объясняется особой любезностью астрономовъ; всѣ ученые-специалисты склонны осматриваться върыми удобному и полному гордости правилу: «атеге vulgus», понимая подъ словомъ «vulgus» всѣхъ не-специалистовъ. Въ настоящемъ случаѣ важную роль играетъ сущность предмета, позволяющая ученымъ выносить изъ своего кабинета и возвыщать народу открытую ими самими или же другими лицами истину, освободивъ ее отъ ореола специальныхъ терминовъ; но такое общепонятное изложение каждаго вопроса можно сдѣлать только въ тѣхъ наукахъ, въ которыхъ открыты уже главные законы, и которые по своей сущности представляютъ собой неразрывную цѣпь слѣдствій и причинъ. Астрономія уже цѣлая столѣтія отличается этою особенностью, чѣмъ и объясняется то обстоятельство, что въ этомъ отношеніи она такъ сильно опередила всѣ другія науки, въ которыхъ въ послѣднее время также замѣчается стремленіе къ изложенію сущности предмета въ общедоступной формѣ. Это стремленіе къ простотѣ въ нѣсколько другой формѣ мы встрѣчаемъ также и на чисто научной почвѣ. Астрономъ, прежде чѣмъ достигнуть результата, долженъ исполнить такую массу совершенно механическихъ вычисленій и наблюдений, что онъ всегда думаетъ о томъ, какъ бы сократить какимъ-нибудь образомъ предварительныя работы; кромѣ того онъ долженъ имѣть въ виду потребности практиковъ въ полномъ смыслѣ этого слова, а именно: моряковъ, землемеровъ и географовъ, когорымъ недостаточно указать только общій планъ ихъ работъ, но для которыхъ нужно выработать возможно болѣе удобные, простые и, вообще говоря, вполне доступные методы. Такимъ образомъ, выходитъ, что въ высшей степени сложныя сами по себѣ работы упрощаются настолько, что не остается ждать ничего другого, какъ только удобной для работъ формы инструментовъ и ихъ доступности даже для людей сравнительно небогатыхъ. Наши методы, эфемериды и таблицы сводятъ большую часть задачъ на простыя арифметическія дѣйствія. Теперь одного часа хорошей погоды достаточно для опредѣленія географической долготы мѣста съ болѣею точностью, чѣмъ это можно было сдѣлать раньше, пользуясь наблюдениями, продолжавшимися нѣсколько мѣсяцевъ. Вмѣсто громоздкихъ и неудобныхъ астрономическихъ инструментовъ, которые, напримѣръ, еще Карстенъ и Вибуръ должны были перевозить на верблюдахъ, явились вебольшіе самыя подходящія для путешественниковъ инструменты, которые представляютъ значительныя удобства и нѣсколько не уступаютъ въ точности первымъ. Устройство обсерваторій въ настоящее время не требуетъ болѣе такихъ расходовъ, которые лишь въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ принять на себя отдѣльное лицо; сами обсерваторіи не связаны болѣе съ тѣмъ мѣстомъ, гдѣ онѣ возникли: такъ, Лассель, избывая угольной копоти, перенесъ свою обсерваторію изъ Старфицла близъ Ливерпуля на двѣ мили дальше въ Бредетонъ; Дэвисъ жилъ сначала въ Ормскрикѣ, потомъ въ Крапрукѣ, Ватерингбери и, наконецъ, въ Хидденхамѣ, и обсерваторія вслѣдъ соупотствовала ему, теперь тоже можно мечтать о переносной обсерваторіи, и, дѣйствительно, Гомасъ Делль придумалъ очень дѣлсообразное устройство такой обсерваторіи. Хороши телескопы и върыны часы въ удобномъ и покойномъ мѣстѣ могутъ привести, при умѣломъ пользованіи, къ самымъ лучшимъ результатамъ. По всей вѣроятности никакой другой предметъ не даетъ такого удовлетворенія, какъ астрономія, что объясняется быстрымъ достиженіемъ результатовъ; въ одинъ предметъ не даетъ такъ часто подтвержденія непоколебимой правильности нашихъ взглядовъ; никакой другой предметъ не представляетъ столь широкаго поля для непрерывныхъ изслѣдованій природы

при почти полномъ отсутствіи тѣхъ трудностей, съ которыми неизбежно сопряжены обыкновенные опыты; астрономія не требуетъ отъ своихъ послѣдователей, чтобы они преодолевали врожденное отвращеніе къ разлагающемуся труну, чтобы они предпринимали отважныя путешествія, чтобы они производили опасныя для жизни опыты. Кромѣ того, астрономія имѣетъ передъ всеми другими науками очень важное преимущество: она совершенно свободна отъ трудныхъ терминологій и классификацій. Въ то время, какъ другіе естествоиспытатели почти изнемогаютъ подъ бременемъ административной, если можно такъ выразиться, части своего труда и часто тратятъ здѣсь все свои силы, астрономъ совершенно свободенъ отъ этой изнурительной работы; онъ совсемъ можетъ не употреблять словъ «классъ, разрядъ, фамилія, родъ, видъ» и тому подобныхъ выраженій, обозначающихъ подраздѣленія и совершенно необходимыхъ другимъ изслѣдователямъ для поддержанія порядка и опредѣленности въ ихъ научныхъ работахъ. Беззаботность, съ которой астрономъ уснаживаетъ родовыя различія или терминологию вообще, та смѣшная путаница въ этомъ отношеніи, которая иногда царитъ въ этой наукѣ, показываютъ, какъ неважно все это для астронома. Дела мѣръ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ называетъ кометы планетами особаго рода, но онъ могъ бы, не впадая въ противорѣчіе, считать планеты особымъ видомъ кометъ. Мы знаемъ, что существуютъ самосвѣтящіяся планеты, и имѣемъ все даваемыя предполагать, что есть темныя центральныя тѣла. Для астронома важнѣе не родъ, а лишь индивидуумъ, который характеризуется занимаемымъ имъ въ опредѣленный моментъ мѣстомъ. Задача астронома заключается въ томъ, чтобы представить себѣ весь необъятный небесный сводъ, на которомъ ни одинъ изъ наблюдаемыхъ объектовъ не сохраняетъ постоянно одного и того же положенія; въ одинъ годъ мѣста свѣтилъ уже замѣтно измѣняются, но отъ этого не происходитъ никакого беспорядка, такъ какъ измѣненіе совершается по опредѣленному, хорошо извѣстному намъ закону. Астроному, слѣдовательно, не нужны тѣ мириады именъ, которыя насчитываются въ другихъ наукахъ, гдѣ онѣ представляютъ настоящее мученіе. Лучшимъ подтвержденіемъ сказаннаго является то обстоятельство, что изъ небольшого сравнительно числа названій и именъ, которыя даны были древними нѣкоторымъ звѣздамъ и созвѣздіямъ, почти все уже давнымъ-давно получили лишь историческій интересъ. Это, какъ намъ кажется, важное отличіе астрономіи отъ всехъ другихъ естественно-историческихъ наукъ вовсе не доказываетъ узкости трактуемой ею задачи; наоборотъ, изъ того, что астрономія изучаетъ отдѣльные индивидуумы, можно заключить о совершенной необъятности ея предмета, и нельзя даже предвидѣть того отдаленнаго, можетъ-быть, будущаго, когда число изслѣдуемыхъ небесныхъ тѣлъ превзойдетъ число видовъ животныхъ, растеній и т. п., какъ бы быстро не увеличивалось послѣднее съ развитіемъ соответственныхъ наукъ; такое изученіе индивидуумовъ поднимаетъ духъ изслѣдователя, такъ какъ въ этомъ заключается непосредственное изученіе природы; астрономы, такъ сказать, только собираютъ матеріалъ и не заботятся объ утомительной номенклатурѣ и классификаціи, которыя неизбежно предполагаютъ большее или меньшее проникновеніе въ сущность вещей, доступное человѣку лишь въ весьма незначительной степени, и въ которыхъ астрономъ совершенно не нуждается. Во всехъ же остальныхъ естественныхъ наукахъ этотъ вопросъ имѣетъ большое значеніе, и потому тамъ нельзя, какъ въ астрономіи, заниматься какой-нибудь отдѣльной отраслью науки, совершенно независимо отъ другихъ. Поэтому-то первые шаги въ изученіи другихъ отдѣловъ естествознанія представляютъ такъ мало интереса и такъ шатко обоснованы, тогда какъ изученіе астрономіи покоится на неизблемыхъ основахъ, разъ навсегда установленныхъ; въ примѣненіи къ данному случаю мы можемъ измѣнить смыслъ стариннаго изреченія и сказать: «родъ преходящъ, индивидуумъ вѣченъ»; это-то свойство астрономіи и привлекаетъ къ ней такъ много любителей. Въ самомъ дѣлѣ, никакая другая наука не можетъ дать такого вѣрнаго и сравнительно легкаго средства обезсмертить себя, какъ астрономія, потому что въ послѣдней благо, рая обл. ель открытій

вещью предоставляется дилетантам. Профессиональный астроном только тогда занимается открытиями в тесном смысле слова, когда они нужны ему, чтобы при помощи их разрешить другие, более трудные задачи. Дилетант может по желанию выбрать предмет мысли, и, какую бы цель он ни преследовать, он может быть уверен, что настойчивость его увенчается успехом, и плоды его стараний будут радужно приняты всеми. Брешь деятельности дилетанта, как всякого волонтера, гораздо обширнее, чем круг деятельности специалиста. Велики ученые, точно так же, как всякий полк солдат, должны иметь определенный план, с которым должны согласоваться все его действия; дилетант же не связан никаким планом, а между тем все-таки может прославиться. Однако, эта свобода имеет и невыгодные стороны: она нередко переходит в безпорядочность, благодаря которой дилетанты в астрономии являются настоящим бичем для специалистов. Армия людей, которые, как удачно выразился однажды Джон Гершель, великую науку, имь незнакому, считают только зарождающейся и потому, например, сразу берутся и при новой основе астрономии при помощи придуманной ими системы мира, думая отгадать астрономические истины, не обладая никакими предварительными познаниями,—армия этих добровольцев виновата в том, что многие специалисты избегают общения с дилетантами. Но где жгут много хлеба, там бывает и много мякины, и в самом деле, несмотря на то, что астрономия раньше всех своих сестер ретушила на широкой дорожке исследования, она же больше, чем всякая другая наука, располагает умь к пустым мечтаньям — пути, следовать которому в настоящее время столь же опасно, как когда-то было опасно уклоняться от него. Ревне дилетантств можно сравнить с большой массой текучей воды, которая, если не обратить на нее никакого внимания и предоставить самой себе, потечет по песку, принесет только вред и затопит страну, между тем как, при надлежащем обращении с этой массой воды, она образует порох, в пользу которого не может быть никакого сомнения. Отсюда самь собой определяется характер отношения между профессиональными астрономами и любителями, отношения эти должны быть дружескими. Если астроном-специалист видит, что дилетант относится к делу серьезно и настойчиво преследует свою цель, он не должен и не имеет права оказывать ему в помощи. И если дилетант воспользуется этой помощью, он может быть уверен в успехе, рудники, надь разработкой которых он трудится, неисчерпаемы, и внимательный исследователь всегда может рассчитывать на то, что мы называем удачей. Если бы Кеплер не остановился случайно на Мире, неравенства которого были замечены даже при тогдашних наблюдательных средствах, если бы Вильгельм Гершель увидьл Урана 11-ю днями раньше, когда это светило находилось (часть I, § 58) в созвизии, так что его трудно было признать за планету, то блестящия открытия, связанные с этими именами, вероятно, на это время были бы отложены. Брайде и В. Гершель много пытались определить расстояния непознаемых звезд; но обширная работа, прерванная ими для этой цели, увенчалась неожиданными открытиями aberrации света и двойных звезд. Тот, кому удается сделать хоть сколько-нибудь важное астрономическое открытие, может быть уверен, что в нем примут участие, и не должно бояться, что на него не обратят внимания, как могло бы случиться в других науках, в астрономии за всяким признается право работать надь любым вопросом.

## ПРИЛОЖЕНИЕ.

### Элементы планетъ, спутниковъ и кометъ нашей солнечной системы.

#### Обзоръ планетной системы.

При сопоставленіи главнѣйшихъ элементовъ планетъ и спутниковъ нашей солнечной системы, мы начинаемъ съ большихъ планетъ. Въ таблицѣ I, I, прежде всего даны среднія разстоянія планетъ отъ солнца, или большія полуоси ихъ орбиты, причемъ за единицу разстоянія принято среднее разстояние отъ солнца до земли. Эти полуоси вычислены на основаніи приведенныхъ въ пятой колоннѣ сидерическихъ движеній по точному выраженію третьяго закона Кеплера, т.-е. по формулѣ:

$$a^3 = \frac{12589635(1 - m)}{\mu^2},$$

въ которой  $a$  представляетъ большую полуось,  $\mu$  — среднее суточное сидерическое движеніе и  $m$  — массу планеты, выраженную (I, IV, колонна 1) въ частяхъ солнечной массы.

Считая солнечный параллаксъ равнымъ  $8,85''$ , мы должны эти большія полуоси помножить на 148636000, чтобы получить ихъ въ километрахъ, или на 20028900, чтобы выразить ихъ въ географическихъ миляхъ.

Слѣдующая колонна, озаглавленная «Эксцентриситетъ», даетъ отношеніе разстоянія между фокусомъ и центромъ даннаго эллипса къ его большой полуоси. Чтобы получить самое разстояние отъ фокуса до центра эллипса, надо перемножить соответствующія числа второй и первой колоннъ. Полученный результатъ будетъ выраженъ въ единицахъ среднего разстоянія отъ солнца до земли, и, чтобы выразить его въ километрахъ, надо найденныя числа помножить на 148636000.

Помѣщенныя въ слѣдующихъ колоннахъ наибольшія ( $E$ ) и наименьшія ( $e$ ) разстоянія планетъ отъ солнца, выражены въ единицахъ среднего разстоянія земли отъ солнца, вычислены по слѣдующимъ точнымъ формуламъ:

$$E = a(1 + \epsilon); \quad e = a(1 - \epsilon),$$

въ которыхъ  $a$  и  $\epsilon$  означаютъ большую полуось и эксцентриситетъ орбиты планеты.

Напротивъ того, наибольшее ( $D$ ) и наименьшее ( $d$ ) разстоянія отъ земли, выражены въ милліонахъ километровъ, вычислены лишь приближенно, такъ какъ точное вычисленіе этихъ величинъ не имѣетъ значенія. При этомъ для обѣихъ внутреннихъ планетъ Меркурія и Венеры было принято:

$$D = 148,6 + E \quad d = 148,6 - E,$$

а для всѣхъ же остальныхъ

$$D = E + 148,6 \quad d = e - 148,6,$$

причемъ 148,6 есть среднее разстояние земли отъ солнца, выраженное въ милліонахъ километровъ.

Четвертая колонна этой таблицы содержитъ точно вычисленное время ея послѣдняго прохожденія черезъ перигелій въ XIX столѣтіи.

Полондъ, послѣдняя колонна даетъ не мѣняющееся съ теченіемъ времени суточное дѣяніе средней планеты въ плоскости ея орбиты.

Таблица А, II, содержитъ въ первыхъ трехъ колоннахъ времена обращенія: 1) по отношенію къ некоторой постоянной точкѣ (эклиптическое), 2) по отношенію къ точкѣ весенняго равноденствія (тропическое) и 3) по отношенію къ солнцу (синодическое), при-



Рис. 334

чемъ въ ней не означены ни среднія скорости, ни послѣднее въ годахъ, суткахъ и часахъ (годъ равенъ 365,25 сутокъ)

Во послѣднихъ трехъ колоннахъ изображены условныя элементы орбиты, именно: долготы перигелия, долготы перигелияго узла и наклонность орбиты къ эклиптикѣ

Въ таблицѣ А, II, приведены сначала выкопья планетъ, которыя претерпѣваютъ элементъ дѣйствія, а затѣмъ оны въ размѣщеніи со стороны остальныхъ планетъ. Въ шестой колоннѣ даны среднія скорости планетъ въ одну секунду при ихъ удаленіи вокругъ солнца.



Эта скорость определяется при помощи следующего выражения:

$$v = \frac{k}{1/a} = \frac{29,593}{1/a} \text{ километровъ,}$$

причемъ  $k$  есть характеристика нашей солнечной системы (часть I, § 78) и  $a$ —большая полуось орбиты.

Въ предположенной колоннѣ дано пространство, проходимое планетой въ первую секунду при ея падении на солнце, причемъ для вычисления служила следующая формула

$$F = \frac{v^2}{2a},$$

въ которой  $v$  имѣетъ прежнее значение. Замѣняя  $v$  въ предыдущемъ выраженіи и выражая  $F$  въ миллиметрахъ, получаемъ формулу:

$$F = \frac{2,945}{a^2} \text{ миллиметровъ.}$$

Наконецъ, послѣдній столбецъ даетъ величину  $\frac{1}{a^2}$ , т.-е. количество свѣта и теплоты, получаемыхъ планетой отъ солнца, при ея среднемъ разстоянн отъ этого послѣдняго.

Что касается таблицъ I, IV, и I, V, то мы замѣтимъ только, что, при вычисленн поверхности и объема, кромѣ земли, принято въ расчетъ еще у Юпитера и Сатурна, потому что у другихъ планетъ на этотъ счетъ ничего достовернаго неизвѣстно. Пусть  $a$  означаетъ экваториальный и  $b$  —полярный диаметръ, тогда объемъ  $V$  планеты, если считать, что она имѣетъ форму эллипсоида вращения, вычисляется по формулѣ

$$V = \frac{1}{6} a^2 b\pi.$$

При вычисленн поверхности для тѣхъ, для каждой изъ нихъ дана поверхность такого шара, объемъ котораго равенъ объему упомянутого выше эллипсоида вращения, другими словами такого шара, диаметръ котораго имѣетъ следующее выраженіе:

$$\delta = \sqrt[3]{a^2 b}.$$

\* На рис. 334 даны сравнительные размѣры солнца и различныхъ планетъ. \*

Далѣе, обозначимъ буквами  $M$ ,  $V$  и  $D$  массу, объемъ и экваториальный диаметръ планеты, выраженные въ частяхъ массы, объема и экваториальнаго диаметра земли (таблица I, IV, колонны 3, 8, 12). Въ такомъ случаѣ плотность планеты и отношеніе силы тяжести на ея поверхности къ силѣ тяжести на поверхности земли (столб. I, V, колонны 2 и 4) вычисляются по следующимъ формуламъ:

$$\frac{M}{V} \text{ и } \frac{M}{D^2}.$$

При этомъ слѣдуетъ замѣнить, что приведенная въ таблицѣ IV масса земли представляетъ собою собственно сумму массъ земли и луны, при этихъ же вычисленияхъ слѣдуетъ пользоваться массой одной земли, которая равна 1 326800. Далѣе, отношеніе силы тяжести на планетѣ и выраженное въ метрахъ пространство, проходимое тѣломъ при свободномъ паденн на экваторѣ планеты \*) мы вывели, и применили въ расчетъ центробѣжной силы, которая довольно значительна для высшихъ планетъ. Если желать только считать къ расчету центробѣжную силу приведенную въ шестой колоннѣ, для тѣхъ тѣлъ, продолжительности вращенн которыхъ неизвѣстна, то нужно только числа четвертаго и пятаго столбцовъ уменьшить соответственнымъ образомъ, пользуясь дробями, помѣщенными въ шестомъ столбцѣ. Такъ, напр., для Сатурна имѣемъ:

дѣйствительное напряженіе тяжести. 1,00 —  $\frac{1}{6}$  . 1,00 — 1,00 — 0,17 — 0,83;

\*) Числа пятаго столбца получаются изъ чиселъ четвертаго столбца простымъ умноженіемъ на 4,9072.

пространство, действительно проходимое падающим теломъ на поверхности Сатурна, равно

$$4,91 - \frac{1}{6} \cdot 4,91 = 4,91 - 0,82 = 4,09.$$

Послѣ этихъ замѣчаній укажемъ еще источники, откуда были замѣтованы различныя данныя для нижеслѣдующихъ таблицъ.

Элементы 4 внутреннихъ планетъ (Меркуря, Венеры, Земли и Марса) замѣтованы изъ опубликованнаго въ концѣ 1895 года изслѣдованія Ньюкомба, касающагося орбитъ этихъ планетъ, элементы Юпитера и Сатурна взяты изъ таблицъ Леверье, напечатанныхъ въ мемуарахъ парижской обсерватори, и, наконецъ, элементы Урана и Нептуна взяты изъ таблицъ этихъ планетъ, составленныхъ Ньюкомбомъ. Однако, элементы съ весьма отдаленной эпохи 1850,0 года, лежащей въ основаніи всѣхъ только-что названныхъ таблицъ, были приведены къ среднему равноденствію 1900,0 года, причемъ были приняты во вниманіе въковыя возмущенія. Точно такъ же годовыя измѣненія элементовъ (А, IV) взяты изъ тѣхъ же источниковъ. Поэтому они находятся въ полномъ соотвѣстствіи, строго говоря, только съ тѣми планетными массами, которыя служили основаніемъ при построении только-что упомянутыхъ таблицъ, и которыя въ некоторыхъ случаяхъ болѣе или менѣе значительно отличаются отъ планетныхъ массъ, данныхъ въ таблицѣ А, IV. Впрочемъ, происходящая отъ этого разница совершенно неважна для цѣли настоящаго обзора.

Масса (А, IV) Меркуря взята изъ изысканій Бакулунда, касающихся орбиты кометы Энке, массы Венеры и Юпитера замѣтованы изъ изысканій Ньюкомба относительно орбиты 4 внутреннихъ планетъ. Массы Марса, Сатурна и Урана извѣдены изъ многочисленныхъ наблюденій надъ спутниками этихъ планетъ, произведенныхъ Холемъ. Для массы Нептуна взята средняя изъ величинъ, полученныхъ для нея Ньюкомбомъ, Холемъ и I Струве. Масса земли замѣтована изъ соответственныхъ вычисленій Ньюкомба, опубликованныхъ въ 1865 году.

Массы планетъ, обладающихъ спутниками, относятся ко всей системѣ, включая сюда и спутники, а въ случаѣ Сатурна, включая также и кольцо.

Массы спутниковъ весьма ничтожны въ сравненіи съ массами главныхъ планетъ, за исключеніемъ спутника земли; масса кольца Сатурна, по видимому, тоже очень незначительна въ сравненіи съ массой самой планеты (часть II, § 87). Поэтому, если исключить землю, то данныя въ нашихъ таблицахъ массы можно разсматривать какъ массы главныхъ телъ. Что же касается земли, то ея масса равна  $\frac{1}{326800}$  солнечной массы, причемъ масса земнаго спутника составляетъ около 80-ой части земной массы (по Галлею  $\frac{1}{49,67}$ , а по Ньюкомбу  $\frac{1}{81,44}$ ). Только-что указанная масса земли и была употреблена при выводѣ чиселъ первыхъ двухъ колонокъ таблицы А, V.

Для диаметра Меркуря принять результатъ, средній изъ весьма большаго числа точныхъ измѣреній. Диаметры Венеры и солнца приняты согласно съ произведенными телескопомъ и измѣреніями вѣсѣнскихъ экзепедиій, снаряженныхъ для наблюденія прохожденій Венеры въ 1874 и 1882 годахъ. Для диаметровъ Марса и Урана приняты тѣ величины, которыя были получены соответственно Гартвигомъ и Зелигеромъ послѣ тщательной обработки всего имбюнагося на лицо матеріала. Для экваторіальнаго и полярнаго диаметровъ Юпитера взяты среднія изъ величинъ, полученныхъ Бесселемъ (37,60" и 35,21") и Шуромъ (37,43" и 35,02"). Экваторіальный и полярный диаметры Сатурна даны согласно съ измѣреніями Барнарда (17,77" и 16,34"), а для диаметра Нептуна дана средняя изъ величинъ, найденныхъ Ласселлемъ и Мартомъ (2,28") и I Струве (2,21").

Относительно средней плотности земли ср. часть III, § 33. Для опредѣленія размѣровъ и форма земнаго сфероида приняты элементы Бесселя, а именно для экваторіаль-

наго радіуса принято 6377,40 километровъ, для полярнаго 6358,08 км. Элементы земнаго сфероида, выведенные Кларкомъ въ 1880 году изъ всѣхъ извѣстныхъ въ то время заслуживающихъ довѣрія градусныхъ измѣреній, лишь весьма немногіе отличаются отъ вышеприведенныхъ элементовъ. По Кларку экваторальный радіусъ равенъ 6378,25 км., полярный радіусъ — 6356,52 км., сжатіе —  $\frac{1}{293,5}$ .

Продолжительность вращенія Меркурія вокругъ его оси по Скланарелли равняется продолжительности его обращенія вокругъ солнца, вопросъ о продолжительности вращенія Венеры еще не разрѣшенъ окончательно, и потому время вращенія этой планеты въ нашихъ таблицахъ не приведено. Время вращенія Марса выведено изъ совокупности наблюденій Гюйгенса (1672) и новѣйшихъ, время вращенія Юпитера принято равнымъ времени вращенія краснаго пятна, которое было видимо въ послѣдніе годы; для времени вращенія Сатурна и солнца приняты тѣ результаты, которые были получены соответственно А. Холемъ и Шпереромъ. О недостоверности этихъ данныхъ и вообще о вращеніи этихъ тѣлъ см. часть II, §§ 18, 78 и 83. Время вращенія Урана и Нептуна еще неизвѣстно. Однако, что касается перваго, то М. Холь на островѣ Ямайкѣ имѣлъ возможность наблюдать на немъ свѣтовые колебанія, изъ которыхъ и вывелъ его періодъ вращенія въ  $7^{\circ} 55''$ . Эта величина періода не противорѣчитъ теоретическимъ соображеніямъ, если принять сжатіе Урана равнымъ 0,1, т.-е. той величинѣ, которая на самомъ дѣлѣ была выведена многими астрономами изъ наблюденій.

Сжатіе Юпитера и Сатурна вычислено по вышеприведеннымъ экваторіальнымъ и полярнымъ діаметрамъ планетъ, сжатіе Марса было найдено Г. Струве по движенію линіи апсидъ Фобоса.

Группа таблицъ *B* содержитъ элементы орбитъ спутниковъ, начиная съ элементовъ луны, причѣмъ для этой послѣдней приняты тѣ элементы, которыми Гаизенъ воспользовался при вычисленіи своихъ лунныхъ таблицъ.

Что касается спутниковъ остальныхъ планетъ, то прежде всего необходимо упомянуть, что ихъ діаметры, за исключеніемъ 4 галилеевыхъ спутниковъ Юпитера, определены не прямыми измѣреніями, а вычислены по ихъ яркости, определенной Пикерингомъ, причѣмъ было принято, что ихъ альbedo равняется альbedo ихъ главной планеты.

Далѣе, элементы спутниковъ Марса заимствованы изъ изслѣдованія ихъ орбитъ, опубликованнаго Холемъ, а элементы 4 галилеевыхъ спутниковъ Юпитера изъ таблицъ Дамуазо. Для среднихъ разстояній послѣднихъ изъ названныхъ спутниковъ приняты значенія, которые получилъ Бессель изъ своихъ измѣреній, предпринятыхъ съ цѣлью опредѣленія массы Юпитера, между тѣмъ какъ ихъ діаметры давы согласно съ измѣреніями Барнарда. Формулы, по которымъ вычислены всѣ остальные данныя, помѣщенные въ таблицахъ I и II, уже были приведены въ объясненіяхъ къ таблицамъ большихъ планетъ.

Относительно спутниковъ Сатурна прежде всего должно упомянуть, что полуоси ( $a$  и  $A$ ) ихъ орбитъ были вычислены на основаніи третьяго закона Кеплера по ихъ сидерическимъ временамъ обращенія (колонна 7) и по полуоси орбиты Янета, причѣмъ для послѣдней взята величина  $514,53''$ , являющаяся среднею изъ величинъ, которыя были получены Делярю ( $514,7''$ ) и Тиссераномъ ( $514,37''$ ). Далѣе, элементы орбиты Гиперіона даны по Эйхельберту, а элементы орбиты Янета по Тиссерану. Элементы орбитъ остальныхъ спутниковъ Сатурна взяты изъ работы Г. Струве, касающейся этихъ спутниковъ.

Орбиты спутниковъ Урана заимствованы изъ «*Uranian and Neptunian Systems*» Ньюкомба, а орбита спутника Нептуна дана согласно съ изслѣдованіями Г. Струве. Для

возле орбиты спутника Пеллеуса принято среднее из определенных Ньюкомба (16,275"), Холя (16,349") и Р. Струве (16,271").

Конечь этого отдела составляет сопоставление элементов орбит астероидов. Обзор начинается списком именъ этихъ небесныхъ тѣлъ въ алфавитномъ порядкѣ, и въ этомъ спискѣ даны номера астероидовъ не только по времени ихъ открытiя, но и по среднему разстоянiю ихъ отъ солнца, благодаря чему ихъ легко можно найти въ слѣдующей таблицѣ.

Среди астероидовъ есть тѣлеса, которые наблюдались только во время одного противостоянiя съ солнцемъ. У такихъ астероидовъ въ таблицѣ С, II, рядомъ съ ихъ именемъ стоить знакъ  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  или (?). Первый знакъ показываетъ, что наблюдения произошли въ теченiе долгаго времени и были распределены болѣе или менѣе равномерно, такъ что къ определенiю орбиты можно питать нѣкоторое довѣрие. Второй знакъ показываетъ, что за точность орбиты нельзя ручаться, и, наконецъ, третiй знакъ, которымъ помѣщена, напримеръ, планета Юрция, показываетъ, что элементы должны быть разсматриваемы какъ довольно грубое приближенiе къ истинѣ.

Элементы орбитъ астероидовъ даны съ меньшою полнотою, чѣмъ элементы орбитъ большихъ планетъ, потому что значительныя возмущенiя, испытываемыя этими небесными тѣлами, влечуть за собой быстрыя и притомъ довольно значительныя смѣненiя въ орбитахъ. Нѣкоторыя интересныя свѣданiя не могли быть помѣщены въ таблицѣ С, II. Поэтому они даны въ прилагаемой при семъ небольшой таблицѣ, но уже не для отдельныхъ астероидовъ, а вообще для цѣлыхъ группъ этихъ небесныхъ тѣлъ.

Большая полуось орбиты	Средняя скорость въ одну секунду при прохожденiи вокругъ солнца	Надене на единицу въ первую секунду	Интенсивность свѣта и теплоты	Большая полуось орбиты	Средняя скорость въ одну секунду при прохожденiи вокругъ солнца	Надене на единицу въ первую секунду	Интенсивность свѣта и теплоты
2,0	кмюм.	млнми.	0,250	3,1	кмюм.	млнми.	0,104
2,1	20,925	0,736	0,227	3,2	16,543	0,288	0,098
2,2	20,121	0,668	0,207	3,3	16,290	0,271	0,092
2,3	19,652	0,609	0,189	3,4	16,049	0,255	0,087
2,4	19,513	0,511	0,174	3,5	15,818	0,240	0,082
2,5	19,102	0,471	0,160	3,6	15,597	0,227	0,077
2,6	18,716	0,436	0,148	3,7	15,385	0,215	0,073
2,7	18,353	0,404	0,137	3,8	15,181	0,204	0,069
2,8	18,10	0,376	0,128	3,9	14,985	0,194	0,066
2,9	17,685	0,350	0,119	4,0	14,797	0,184	0,063
3,0	17,378	0,327	0,111	4,1	14,617	0,174	0,060

Отдельныя данныя таблицы С, II, уже своими заголовками такъ точно охарактеризованы, что имъ надобности въ дальнейшихъ объясненiяхъ. Только одно слѣдуетъ замѣтить, а именно, что подъ «средней величиной» подразумѣвается та величина, которую имѣлъ бы астероидъ во время противостоянiя, если бы онъ въ это время находился на линiи узловъ и притомъ въ среднемъ разстоянiи отъ солнца. Далѣе, диаметры астероидовъ вычислены по ихъ яркости въ предположенiи, что ихъ альbedo равняется средней величинѣ изъ альbedo Марса и альbedo Меркурия (часть II, § 71). Изъ непосредственныхъ измѣрени Барнарда взяты только диаметры Цереры, Паллады и Весты. Еще обратимъ вниманiе на то, что въ таблицахъ данъ уголъ эксцентриситета  $\varphi$ , который связанъ съ самимъ эксцентриситетомъ  $e$  уравненiемъ  $e = \sin \varphi$ .

Элементы астероидовъ заимствованы изъ новѣйшихъ таблицъ Баушингера.

Въ концѣ концовъ слѣдуетъ замѣтить, что числа, данныя въ нижеслѣдующихъ таб-

лицам иногда уклоняются от чисел, приведенных в самой книге. Это происходит, главным образом, оттого, что в книге часто употреблялись только круглые числа с тем, чтобы облегчить их или другие вычисления. Еще необходимо обратить внимание на то, что приведенные в таблицах размеры больших планет, в особенности на небе отдельных, весьма значительно изменились бы, если бы мы взяли другие таблицы для их видимых диаметров. Мы знаем, что угол в 1" — среднее расстояние Плутона от



Рис. 335.

солнца соответствует линейной длине в 21650 км. Поэтому если уменьшить его видимый диаметр только на 0,1, то его истинный диаметр изменился уже на 2165 км, его поверхность на  $\frac{1}{11}$  и его объем — на  $\frac{1}{7}$ ; поверхности и объема, приведенных в наших таблицах.

\* В заключение этого обзора считаем интересным обратить внимание читателя на рис. 335, на котором даны сравнительные размеры солнечного диска, усматриваемого с различных планет. \*

## А. Элементы орбитъ большихъ планетъ.

## I.

П л а н е т ы	Большая полуось	Эксцентриситетъ	Расстояніе отъ солнца въ астрономическихъ единицахъ		земли въ милл. километровъ		Среднее григорианское время прохождения черезъ перигей	Среднее суточное смещение въ градусе
			наибольшее	наименьшее	наиб.	наим.		
Меркурій ♀	0,3870988	0,2056142	0,46669	0,30751	218	79 1899	дек. 6,0	14732,4197
Венера ♀	0,723 322	0,0068207	0,72827	0,71840	257	40 1899	июль 6,1	5767,6698
Земля ♂	1,0000000	0,0167510	1,01675	0,98325	—	—	1899 янв. 1,1	3548,1928
Марсъ ♂	1,5236914	0,0933574	1,66594	1,38144	396	57 1898	апр. 29,8	686,5183
Юпитеръ ♃	5,20280	0,0483351	5,4543	4,9513	959	587 1892	июль 24,5	299,1284
Сатурнъ ♄	9,53885	0,0559003	10,0721	9,0056	1646	110 1885	окт. 19,5	120,4447
Уранъ ♅	19,18336	0,0464961	20,0727	28,2911	3132	2571 1886	нояб. 12,0	42,2 08
Нептунъ ♆	30,05671	0,0084990	30,3121	29,8014	4654	4281 1881	март. 19,6	21,5330

## II.

П л а н е т ы	Время оборота			Долгота		Наклонность
	эклиптическое	тропическое	синодическое	перигея	восходящаго узла	
Меркурій	87,96926	87,96843	0 г. 115 с. 21 ч	75° 53' 59 2"	47° 6' 45,6"	7° 0' 10,4"
Венера	224,7079	224,5514	1 218 16	130 9 49,0	75 46 49,2	7 23 37,1
Земля	365,256 6	365 212 0	—	101 13 15,5	—	—
Марсъ	686,97979	686,92942	2 48 23	334 13 7,1	48 47 9,3	7 51 1,3
Юпитеръ	4332,59	4330,60	1 33 15	12 43 14,5	99 26 35,6	1 18 31,3
Сатурнъ	1075 123	10746,95	1 12 20	91 5 38,7	112 47 2,7	2 29 32,1
Уранъ	50688,11	50588,0	1 4 7	174 20 41,5	73 30 6,0	0 46 22,2
Нептунъ	60186,64	59804,81	1 2 6	40 0 1,0	130 10 32,7	1 46 44,3

## III.

П л а н е т ы	Годичное измѣненіе			Средняя скорость въ одну секунду при движении вокругъ солнца	Паденіе на солнце въ первую секунду	Напряженность свѣта и теплоты
	эксцентриситета въ единицахъ среднего расстоянія	долготы перигея	наклонности восходящаго узла			
Меркурій	+ 2,05	+ 55,908"	+ 42,467"	47,564	19,600	6,674
Венера	- 4,79	+ 50,089	+ 32,394	34,795	5,631	1,911
Земля	- 1,15	61,891	—	29,593	2,946	1,000
Марсъ	+ 5,06	+ 66 241	- 27,768	23,974	1,269	0,431
Юпитеръ	+ 16,62	+ 57,939	+ 37,379	12,976	0,109	0,037
Сатурнъ	31,51	+ 79 441	+ 31,391	9,582	0,032	0,011
Уранъ	- 27,39	+ 50,256	- 18,568	6,757	0,008	0,003
Нептунъ	0,56	- 51, 14	- 50,615	5,568	0,003	0,001

IV.

П л а н е т ы	Масса въ ча- стяхъ массы		Видимый экваториаль- ный диаметръ усатри- ваемымъ съ		Экваториаль- ный диаметръ въ		Поверхность въ			Объемъ въ	
	Солнца	Земли	Солнца (секунд)	З о л н а		вълос.	частяхъ земного діа- метра	квадратнхъ кв. вълос.	частяхъ земной по- верхности	билліон. куб. въл.	частяхъ Солнца Земли
				най- большій	най- меньшій						
Меркурій . . .	$\frac{1}{2700000}$	0,03	16,66"	12,2"	4,1"	4648	0,364	68	0,13	0,052	0,05
Венера . . .	$\frac{1}{40700}$	0,79	23,23	62,2	9,7	12106	0,91	459	0,90	0,926	0,86
Земля . . .	$\frac{1}{322800}$	1,00	17,70	—	—	12755	1,000	510	1,00	1,083	1,00
Марсъ . . .	$\frac{1}{3104700}$	0,10	6,14	24,4	3,5	6742	0,529	142	0,28	0,160	0,13
Юпитеръ . . .	$\frac{1}{1047336}$	308	37,51	49,4	39,3	110630	11,06	59332	116,3	1359	125,0
Сатурнъ . . .	$\frac{1}{312908}$	95	17,77	21,2	15,3	122159	9,58	41224	86,7	874	86,2
Уранъ . . .	$\frac{1}{22765}$	14	3,82	4,2	3,5	32810	4,14	8471	17,1	77	71,0
Нептунъ . . .	$\frac{1}{1931}$	17	2,24	2,3	2,2	48500	3,80	7389	14,5	60	50,0

V.

П л а н е т ы	Плотность по от- ношенію къ землѣ	Плотность по от- ношенію къ водѣ	Гиря, вѣсящая 1 кубитр. на поверхности Земли, вѣситъ въ соответ- ствующихъ пла- нетахъ	Пространство, проходящее при свободномъ па- деніи на эва- торъ въ предѣлахъ Солнца	Умноженіе тя- жести гиря 100 разами	Время вра- щенія	Скорость тѣла на экваторѣ при су- точномъ движеніи	Слѣдо
Меркурій . . .	0,688	3,80	0,25	1,24	—	87,969 сут.	1,8	—
Венера . . .	0,928	5,12	0,88	4,32	—	—	—	—
Земля . . .	1,000	5,52	1,00	4,91	$\frac{1}{259}$	23А 56м 4с	465	$\frac{1}{100}$
Марсъ . . .	0,704	3,89	0,37	1,83	$\frac{1}{276}$	24 37 23	259	$\frac{1}{100}$
Юпитеръ . . .	0,246	1,36	2,54	12,11	$\frac{1}{1}$	9 56 59	12490	$\frac{1}{100}$
Сатурнъ . . .	0,115	0,63	1,90	1,91	$\frac{1}{1}$	10 14 24	10410	$\frac{1}{100}$
Уранъ . . .	0,200	1,10	0,83	4,56	—	—	—	—
Нептунъ . . .	0,308	1,70	1,17	5,72	—	—	—	—

Считая видимый диаметръ солнца равнымъ 31'54,26" при среднемъ удаленіи солнца отъ земли, мы легко находимъ, что этотъ диаметръ при прохожденіи земли черезъ тропическій діаметръ равенъ 32'31,4", а при прохожденіи земли черезъ афелій принимаетъ значеніе 31'27,1". Истинный диаметръ солнца равенъ 1382000 въл., высота солнца 500 билліонами кв. въл. и объемъ 137 триллионами куб. въл. — величины которыя превосходятъ соответствующія величины ды земли въ 108,4, 11760 и 1275000 разъ. Правильный периодъ вращенія равенъ 25 суткамъ 6 час., находимъ, что скорость его экваторальной тѣли достигъ отъ 2,0 км. въ секунду.

Размѣры системы кольца Сатурна даны въ части II, § 87.

В. Элементы орбитъ спутниковъ.

1. Луна.

Сидерическое время оборота . . . . .	27,32166 с. = 27 с. 7 ч. 43 м. 11,5 с.
Тропическое » » . . . . .	27,32150 » = 27 » 7 » 43 » 4,7 »
Синодическое » » . . . . .	29,53059 » = 29 » 12 » 44 » 2,9 »
Апохелистическое время оборота . . . . .	27 16,0 сут.
Драконическій мѣсяць . . . . .	27,21222 »
Эксцентриситетъ орбиты . . . . .	0,051908 »
Среднее суточное тропическое движеніе . . . . .	13 100 0286"

Наклонность орбиты луны къ эклиптикѣ . . . . .	5° 8'39,90"
Наклонность экватора луны къ эклиптикѣ . . . . .	1°28'25"
Экваториальный горизонтальный параллаксъ, соответствующій среднему разстоянію луны отъ земли . . . . .	0°57'2,06"
Видимый диаметръ при среднемъ разстояніи луны отъ земли . . . . .	0°31'6,0"
Истинный диаметръ луны . . . . .	0,27266 земного диаметра = 3478 км.
Среднее разстояніе отъ центра земли . . . . .	60,2778 земныхъ радиусовъ = 384400 »
Наибольшее » » » » . . . . .	63,5875 » » = 405450 »
Наименьшее » » » » . . . . .	56,9681 » » = 363350 »
Отношеніе массы луны къ массѣ земли . . . . .	$\frac{1}{72,97}$
Паденіе тѣла на поверхность въ 1-ю секунду . . . . .	0,829 м.

Линія узловъ лунной орбиты совершаетъ полный оборотъ по эклиптикѣ въ 18,613, а линія апсидъ описываетъ полный кругъ въ 8,47 юлианскихъ лѣтъ (часть III, §§ 53 и 54); первое изъ этихъ движеній совершается съ востока на западъ, второе — въ обратномъ направленіи.

Во всехъ нижеслѣдующихъ таблицахъ  $d$  означаетъ видимый диаметръ спутника, усматриваемый съ центра планеты,  $D$  его истинный диаметръ, выраженный въ километрахъ,  $\alpha$  — уголъ подъ которымъ видна съ земли поверхность орбиты спутника при среднемъ удаленіи центрального тѣла отъ солнца, и  $A$  — полуось орбиты спутника, выраженная въ частяхъ экваториального диаметра центрального тѣла.

## 2. Спутники Марса.

Спутники	$d$	$D$	$\alpha$	$A$	Эксцентриситетъ	Сидерическое время оборота
Фобосъ . . . . .	3,3'	км. 8,3	8,50°	2,77	0,032079	0,3189113 сут.
Деймосъ . . . . .	1,2	7,2	21,23	6,92	0,005741	1,262435

По изслѣдованіямъ Адамса и Тиссерана, сжатіе Марса, хотя и незначительное, служитъ причиною того, что орбиты обоихъ спутниковъ лежатъ приблизительно въ плоскости экватора Марса, восходящій узелъ ( $N$ ) и наклонность ( $J$ ) котораго по отношенію къ земному экватору по изслѣдованіямъ Г. Струве въ 1900,0 году были равны:  $N = 47'10'$ ,  $J = 37'25'$ . По наблюденіямъ и вычисленіямъ Г. Струве, сжатіе Марса вызываетъ годичное передвиженіе линіи апсидъ Фобоса на 158°, а Деймоса на 6,4°.

## 3. Спутники Юпитера.

### I.

Спутники	$\alpha$	$A$	Эксцентриситетъ	Время оборота		Долгота		Наклонность
				сидерическое	синодическое	перво-взума	восходящ. узла	
I . . . . .	1°51,71"	5,914	не замѣт.	1,769174 сут.	1 с 18 ч 28,6 м	—	314° 33,3' 3" 5,4	5,4
II . . . . .	2°57,80	9,452	»	3,5511806	3 13 17,9	—	141 27 8 3" 4,4	4,4
III . . . . .	4°43,51	15,086	0,001348	7,1545529	7 3 59,6	180 10,1' 315	2,7 3 0,5	0,5
IV . . . . .	8 18,87	27,535	0,007243	16,6890164	16 18 5,1	241 38,0 220	51,1 2 41,0	41,0

### II

Спутники	Видимый диаметръ, усматриваемый съ центра спутника		Истинный диаметръ	Масса въ частяхъ массы Юпитера	Плотность въ сравненіи съ Юпитера равна 1	Паденіе на поверхность въ первую секунду	Паденіе на поверхность Юпитера въ 1 секунду.	Важеніе по орбитѣ в теченіи одного часа
	съ центра спутника	съ центра Юпитера						
I . . . . .	1,05"	32,3'	3935	0,000016877	0,72	метры 0,27	метры 0,373	км. 62043
II . . . . .	0,87	16,5	3700	0,00002 227	1,70	0,53	0,149	49145
III . . . . .	1 52	18,1	5700	0,000088437	1,23	0,67	0,058	38355
IV . . . . .	1,43	9,7	5300	0,000042475	0,71	0,36	0,016	23355



Спутники оказывают различное возмущение друг на друга, на основании которых Ламуаго вычислил их массы, приведенная выд. О замечательных соотношениях между движениями этих спутниковъ было сказано въ части II, § 124.

Кромѣ этихъ 4 спутниковъ, открытыя только же послѣ изобрѣтенія телескопа, Барнардомъ 9 сентября 1892 г. былъ открытъ еще одинъ, крайне слабый спутникъ, который отстоитъ отъ центра Юпитера только на 2,55 диаметра планеты (47'91") и сдерживаетъ почти вѣ бороть в крутъ неч въ 11:37<sup>m</sup> 22,9". Орбита этого спутника имѣетъ замѣтный эксцентриситетъ, в его заня апсидъ обладаетъ бы тримъ движениемъ (часть II, § 127).

#### 4. Спутники Сатурна.

Спутники	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>A</i>	Эксцентриситетъ	Сдерживающее время обращения
1. Мимасъ . . . . .	8,7	513 км.	0' 26,79"	3,91	0,016	0,942226 сут.
2. Эпиметидъ . . . . .	8,6	635	0 34,38	3,87	0,0047	1,350229
3. Феба . . . . .	10,7	989	0 42,57	4,79	...	1,887797
4. Диона . . . . .	7,9	941	0 54,53	6,14	0,0040	2,736913
5. Рея . . . . .	7,8	1225	1 16,16	8,57	...	4,517495
6. Титани . . . . .	6,4	2443	2 56,55	19,87	0,0291	15,94543
7. Гиперионъ . . . . .	7,2	330	3 38,99	24,68	0,1356	21 27,52
8. Япетъ . . . . .	7,5	843	8 34,53	57,91	0,0296	79,32937

Орбиты внутреннихъ спутниковъ, до Рея включительно, лежатъ, какъ показала еще Лапласъ въ своей «Небесной механикѣ», приблизительно въ плоскости экватора Сатурна, что обуславливаетъ скатомъ этой планеты. По опредѣленіямъ Г. Струве, положеніе плоскости экватора Сатурна относительно эклиптики в относительно равноденствіи 1880,2 года опредѣляется слѣдующими величинами:

долгота восходящаго узла . . . . . 167°53,6'  
наклонность . . . . . 28 2,0

Приблизительно подобная же наклонность занимаютъ плоскости Гитиона и Гипериона. У Япета, напротивъ того, наклонность *A* равна 18°31', а восходящая долгота 111 47'.

Воздѣйствіе сжатія Сатурна, перигитиона внутреннихъ спутниковъ такъ переицѣются съ большой скоростью съ запада на востокъ: это движенье по и наклоніямъ Г. Струве, приблизительно составляетъ у Мимаса 570 вѣ годъ, у Фебиды около 124, у Дионы только 0,5. Лишь узловъ орбиты спутниковъ Сатурна отстаетъ быстрымъ, обратнымъ движеньемъ, которое по Г. Струве у Мимаса составляетъ 365 вѣ годъ, у Фебиды — 77, у Рея — 19 и т. д. Замѣчательныя соотношенія, которыя существуютъ между средними движеньями отдельныхъ спутниковъ, были разсмотрѣны подробно въ части II, § 129; она влекутъ за собой формѣ приведенныхъ тамъ послѣдствій еще значительныя колебанія въ долготѣ этихъ спутникъ.

О точности фотометрическихъ опредѣленій диаметровъ спутниковъ см. часть II, § 129.

Гамбры системы координатъ читатель найдетъ въ части II, § 87.

#### 5. Спутники Урана.

Спутники	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>A</i>	Сдерживающее время обращенія
1. Ариель . . . . .	—	—	13,78"	7,21	2,52038 сут.
2. Умбриэль . . . . .	—	—	19,20	10,01	4,11118
3. Титаниа . . . . .	7,3'	940 км.	31,18	14,17	8,71 0
4. Оберонъ . . . . .	5,1	875	42,10	22,02	13,46327

Эксцентриситеты орбиты этихъ спутниковъ нельзя указать съ точностью. Орбиты всѣхъ спутниковъ лежатъ, повидѣому, въ одной и той же плоскости, вѣроятнѣешее положеніе которой по отношенію къ эклиптикѣ в равноденствіи 1880,0 года опредѣлется величинами:

долгота восходящаго узла . . . . . 165°54'  
наклонность . . . . . 97 51

Судя по яркости спутниковъ въ сравненіи съ планетой, суммарная съ всѣхъ 4 спутниковъ едва составляетъ  $\frac{1}{10000}$  массы планеты.

## 6. Спутникъ Нептуна.

	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>A</i>	Эксцентриситетъ	Сидерическое время оборота
Спутникъ . . . . .	30,9'	3630 м.	16,30"	14,55	0,0070	5,87683 сут.

Положеніе плоскости орбиты относительно плоскости земного экватора по Г. Струве определяется величинами:

долгота восходящаго узла . 185,15° + 0,148° (*t* — 1890 г.)

наклонность . . . . . 119,35 — 0,165 (*t* — 1890 г.)

Измѣненіе положенія плоскости орбиты спутника по Тиссерану можетъ быть объяснено даже весьма малымъ сжатіемъ Нептуна (около 0,01), если эта плоскость составляетъ съ плоскостью экватора планеты значительный уголъ.

Впросъ о томъ, существуютъ ли еще другіе спутники Нептуна, кромѣ вышеупомянутого, былъ разобранъ въ части II, § 131.

## \* С. I. Алфавитный списокъ астероидовъ.

П л а н е т а	№ по времени открытія	№ по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	№ по времени открытія	№ по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	№ по времени открытія	№ по среднему расстоянію отъ солнца
Абунданція . . . . .	151	142	Ангелина . . . . .	64	195	Бертольда . . . . .	120	464
Августа . . . . .	254	12	Андромеда . . . . .	175	456	Беттина . . . . .	250	431
Авзонія . . . . .	63	76	Анна . . . . .	265	89	Библизъ . . . . .	199	439
Аврелия . . . . .	419	141	Антигона . . . . .	129	311	Біанка . . . . .	218	182
Аврора . . . . .	94	436	Антіона . . . . .	90	434	Богемія . . . . .	371	216
Австрія . . . . .	136	32	Антонія . . . . .	272	271	Бононія . . . . .	361	475
Агата . . . . .	228	16	Аполлонія . . . . .	358	319	Бразилія . . . . .	293	310
Агдая . . . . .	47	317	Арахнея . . . . .	407	159	Бригита . . . . .	450	361
Адальберта . . . . .	330	4	Арега . . . . .	197	226	Бруксація . . . . .	465	205
Аделида . . . . .	229	462	Аретуза . . . . .	95	378	Бруна . . . . .	290	43
Адельхейдъ . . . . .	276	402	Ариадна . . . . .	43	17	Брунгильда . . . . .	123	200
Адеона . . . . .	145	190	Арсиноя . . . . .	404	138	Бруция . . . . .	323	5
Адорен . . . . .	268	383	Артемиза . . . . .	105	61	Будроза . . . . .	338	335
Адрастея . . . . .	230	341	Аспазія . . . . .	409	127	Бургундія . . . . .	354	274
Адрія . . . . .	143	247	Аспорина . . . . .	246	202	Бурдигала . . . . .	384	176
Агрия . . . . .	369	172	Астерона . . . . .	233	179			
Азид . . . . .	67	87	Астрея . . . . .	5	129	Вала . . . . .	131	93
Аквитанія . . . . .	387	226	Асхера . . . . .	214	151	Валентина . . . . .	447	348
Александра . . . . .	54	206	Атала . . . . .	152	421	Вальда . . . . .	262	121
Алеманія . . . . .	418	145	Аталанта . . . . .	36	238	Вальпурга . . . . .	256	354
Алестейя . . . . .	259	429	Атамантисъ . . . . .	230	68	Вандада . . . . .	240	183
Алиа . . . . .	266	296	Ате . . . . .	111	143	Варвара . . . . .	234	71
Алиса . . . . .	291	22	Аторъ . . . . .	161	65	Ватикана . . . . .	410	285
Алеста . . . . .	124	161	Атропа . . . . .	273	77	Велледа . . . . .	126	98
Алкмене . . . . .	82	250				Верингія . . . . .	226	208
Аллегенія . . . . .	457	384	Баденія . . . . .	333	400	Веста . . . . .	1	54
Альма . . . . .	390	175	Баварія . . . . .	301	215	Вибилія . . . . .	144	178
Альтея . . . . .	119	134	Бавида . . . . .	172	67	Викторія . . . . .	12	41
Амалія . . . . .	284	53	Бамберга . . . . .	324	194	Вильгельмина . . . . .	392	353
Амальтея . . . . .	113	62	Балтистина . . . . .	298	27	Виргинія . . . . .	50	173
Амвросія . . . . .	193	128	Белатриса . . . . .	83	92	Виндობона . . . . .	231	336
Амфиція . . . . .	367	20	Беллана . . . . .	178	107	Винцентина . . . . .	366	422
Амфедра . . . . .	198	106	Беллона . . . . .	28	272	Віенна . . . . .	397	166
Амфитрита . . . . .	20	123	Беролина . . . . .	422	24	Вѣра . . . . .	245	386
Анахита . . . . .	270	13	Берта . . . . .	154	449			

П л а н е т а	№ по времени отсрѣга	№ по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	№ по времени отсрѣга	№ по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	№ по времени отсрѣга	№ по среднему расстоянію отъ солнца
Габриэлла	355	118	Евтерпа	27	47	Лакриоза	208	325
Гавіті	362	131	Елагорина	320	360	Ламберга	187	221
Газатея	74	277	Елена	101	135	Ламей	248	103
Газда	148	261	Елисавета	412	251	Ламетія	393	267
Гамбург	449	116				Лахезисъ	120	399
Гармонія	40	29	Жозефина	303	403	Леда	38	229
Гарумна	180	213				Лейкокея	35	352
Гебѣ	6	90	Зелія	169	52	Леона	319	461
Гедда	207	30	Зерингія	421	117	Летвіця	39	260
Гейдельберга	325	454				Лето	68	281
Геката	100	381	Ида	243	307	Либратриксъ	125	231
Гекуба	108	452	Идуна	176	442	Либусса	264	294
Генриетта	225	460	Изобелла	210	214	Ингурия	356	241
Геометрія	376	33	Ивара	361	21	Ладія	110	220
Гера	103	204	Изисъ	42	99	Лалея	213	239
Геральдина	300	453	Изольда	211	368	Ломія	117	349
Герда	122	455	Изолья	286	448	Дорлей	165	413
Германія	241	370	Ильза	249	64	Дукреція	281	10
Герментарія	346	291	Ильматаръ	385	302	Людоника	292	114
Гермона	121	467	Ингеборгъ	391	38	Люлень	141	184
Герта	155	91	Индустрія	389	148	Лютеція	21	96
Гесперія	69	346	Ино	173	232	Люцина	146	210
Гестія	46	113	Ирза	351	253	Люція	222	412
Гипіея	10	417	Ирена	14	139			
Гисола	352	11	Ирида	7	72	Магдалина	318	451
Гильда	153	476	Ирма	177	265	Май	348	540
Гипатія	238	331	Исмена	190	471	Майя	66	170
Гиптиасъ	444	263	Истрия	183	287	Маргарита	310	242
Гизуле	288	247	Ифигенія	112	94	Марія	170	122
Гоберта	316	440				Марта	205	274
Гонорія	236	292	Іо	85	174	Массалія	20	82
Гордонія	305	380	Іоанна	127	240	Матезида	454	164
Грация	424	268				Матильда	253	169
Губерта	260	466	Калвисо	53	156	Медea	212	392
Гудрувъ	328	390	Калифорнія	341	14	Медуза	149	7
Гуенна	379	411	Калисто	204	189	Мелета	56	147
			Каллиопа	22	333	Мельбея	137	397
Даная	61	347	Камилла	107	470	Мельпомена	18	34
Дарфа	41	258	Кампавія	377	199	Мельюзана	373	401
Девозет	337	69	Каролина	235	318	Менппе	188	249
Дезидерата	341	144	Кассандра	114	191	Метилда	9	73
Деманара	157	136	Клавдія	311	327	Минерва	93	244
Дейонзія	184	446	Кларисса	302	81	Миріамъ	102	180
Дембовска	349	338	Клементина	252	435	Мирра	381	450
Додона	209	425	Клеопатра	216	288	Мнемозина	57	428
Дика	99	239	Климова	104	433	Модестія	370	39
Динамена	200	223	Клитемнестра	179	342	Монакія	428	36
Диана	78	157	Клелія	73	181	Навзикая	192	79
Доней	106	437	Клио	84	56	Наталія	448	125
Діотима	423	374	Клоринда	282	45	Немауза	51	58
Додона	382	403	Клото	97	187	Немезида	128	235
Дорисъ	48	396	Колга	191	328	Ненетта	289	314
Доротей	339	359	Колумбія	327	275	Нефтисъ	287	49
Дреада	263	323	Копкордія	58	203	Низа	44	88
			Констанція	315	25	Нисея	307	330
Ева	164	165	Кордуба	365	297	Нюба	71	245
Евгенія	45	212	Корнелія	425	320	Нува	150	346
Евдора	217	315	Коронида	158	312			
Евратей	247	230	Крымгильда	242	303	Океана	224	171
Евника	185	225	Ксантіяпа	156	366	Ольга	304	80
Евномія	15	168				Онона	215	255
Евриклея	195	316	Лаврентія	162	363	Оппавія	255	234
Евридома	79	101	Лакадъера	336	26	Орнясита	350	406
Европа	52	385						

П л а н е т а	№ по времени открытия	№ по времени открытия	П л а н е т а	№ по времени открытия	№ по времени открытия	П л а н е т а	№ по времени открытия	№ по времени открытия
	№ по времени открытия	№ по времени открытия		№ по времени открытия	№ по времени открытия		№ по времени открытия	№ по времени открытия
Остара . . . . .	343	83	Прозерпина . . . . .	26	177	Стегана . . . . .	386	329
Оттиля . . . . .	401	458	Прокпе . . . . .	194	152	София . . . . .	251	358
Орелия . . . . .	171	426	Протегена . . . . .	147	418	Софрония . . . . .	134	125
Охио . . . . .	439	415	Психея . . . . .	16	337	Стефаниа . . . . .	220	48
			Пьеретта . . . . .	312	276	Суэвия . . . . .	417	295
Павлина . . . . .	278	243				Сцилла . . . . .	155	334
Падуа . . . . .	363	236	Регина . . . . .	285	377			
Палатия . . . . .	415	283	Роберта . . . . .	335	110	Татя . . . . .	23	160
Палест . . . . .	49	389	Родона . . . . .	166	196	Тамара . . . . .	326	37
Паллада . . . . .	2	264	Роза . . . . .	223	382	Терезия . . . . .	295	290
Палма . . . . .	372	423	Роземия . . . . .	314	427	Терпсихора . . . . .	81	305
Пандора . . . . .	55	246	Роксана . . . . .	317	31	Теридина . . . . .	345	40
Панопея . . . . .	70	153	Россия . . . . .	232	120	Тира . . . . .	115	66
Парана . . . . .	317	149	Руперто Карола . . . . .	353	218	Тирца . . . . .	267	269
Партенопа . . . . .	11	105				Тисбе . . . . .	88	254
Патриция . . . . .	436	447	Саменция . . . . .	275	262	Тисе . . . . .	258	155
Пашенция . . . . .	451	375	Сафо . . . . .	80	35	Тия . . . . .	405	132
Пейто . . . . .	118	97	Свея . . . . .	329	111	Тора . . . . .	299	95
Пенеюпа . . . . .	201	193	Семеле . . . . .	86	387	Толоза . . . . .	138	103
Пентетлея . . . . .	271	357	Сибилла . . . . .	168	459	Туле . . . . .	279	478
Персефона . . . . .	399	371	Сива . . . . .	140	219	Туснеяда . . . . .	219	50
Цеоия . . . . .	432	60	Силезия . . . . .	257	394			
Плана . . . . .	142	86	Сильвия . . . . .	87	469	Уна . . . . .	160	217
Поливимия . . . . .	33	301	Сири . . . . .	332	266	Ундина . . . . .	92	445
Поликсо . . . . .	308	237	Сирона . . . . .	116	259	Унатасъ . . . . .	306	51
Помона . . . . .	32	137	Сита . . . . .	244	6	Уравия . . . . .	30	57
Помпея . . . . .	203	222						
Примно . . . . .	261	41						

Продолженіе см. слѣд. 15 стр.

## С. II. Э л е м е н т ы о р

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывшій планету	Радиус	Средняя величина	Э п о х а
				км.		
1	Эросъ . . . . .	1898 августа 13	Виттъ . . . . .	16	9,7	1900 октября 31,5
2	Хунгария . . . . .	1898 сентября 11	Вольфъ . . . . .	16	11,8	1898 октября 1,0
3	С . . . . .	1893 января 16	Вольфъ . . . . .	—	13,5	1893 января 23,5
4	Адальберта . . . . .	1892 марта 18	Вольфъ . . . . .	10	13,5	1892 марта 20,5
5	Бруния (?) . . . . .	1891 декабря 22	Вольфъ . . . . .	13	13	1892 января 1,5
6	Сита . . . . .	1884 октября 14	И. Пализа . . . . .	10	13,7	1884 октября 14
7	Медуза . . . . .	1875 сентября 21	Перртенъ . . . . .	14	12,9	1891 сентября 28
8	В. Д. . . . .	1894 ноября 1	Вольфъ . . . . .	—	13,3	1894 ноября 1,5
9	Е. А. . . . .	1900 февраля 22	Шарауа . . . . .	—	12,5	1900 марта 22,5
10	Дукрениа . . . . .	1888 октября 31	И. Пализа . . . . .	10	13,6	1888 ноября 2,5
11	Гизета . . . . .	1893 января 12	Вольфъ . . . . .	20	12,1	1893 марта 1,0
12	Августа . . . . .	1886 марта 31	И. Пализа . . . . .	11	13,4	1887 июля 31,0
13	Анахита . . . . .	1887 октября 8	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	34	11	1897 ноября 15,0
14	Каллифорния * . . . . .	1892 сентября 25	Вольфъ . . . . .	13	13,1	1892 октября 12,0
15	Флора . . . . .	1847 октября 18	Хиндъ . . . . .	91	8,9	1848 января 1,0
16	Агата . . . . .	1882 августа 14	И. Пализа . . . . .	7	14,5	1882 августъ 24,5
17	Ариадна . . . . .	1857 апрѣля 15	Погсонъ . . . . .	45	10	1870 января 1,0
18	Обедра . . . . .	1898 октября 13	Коддингтъль . . . . .	13	13,1	1898 октября 18,5
19	Фотографияка . . . . .	1899 февраля 1	Вольфъ и Швассенанъ . . . . .	18	12,5	1899 марта 3,5
20	Амивали . . . . .	1893 мая 19	Шарауа . . . . .	18	12,5	1893 мая 9,0
21	Пара . . . . .	1893 марта 19	Шарауа . . . . .	25	11,7	1893 апрѣля 10,0
22	Азия . . . . .	1890 апрѣля 25	И. Пализа . . . . .	10	13,6	1900 июня 5,0

П л а н е т а	M по времени отъ юли	M по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	M по времени отъ юли	M по среднему расстоянію отъ солнца	П л а н е т а	M по времени отъ юли	M по среднему расстоянію отъ солнца
Урда . . . . .	167	63	Херсина . . . . .	206	228	Эришора . . . . .	334	293
Уреуза . . . . .	379	134	Хелла . . . . .	192	121	Эри . . . . .	135	102
Фаетуза . . . . .	296	23	Хелми . . . . .	378	279	Эрипр . . . . .	277	322
Фама . . . . .	108	111	Хелмисъ . . . . .	202	379	Эри . . . . .	182	81
Федра . . . . .	171	306	Хунгарл . . . . .	484	2	Эри . . . . .	29	107
Фелиция . . . . .	291	130	Цезестина . . . . .	297	252	Эри . . . . .	159	391
Фелицитасъ . . . . .	109	102	Полуга . . . . .	186	55	Эри . . . . .	28	309
Фероня . . . . .	72	28	Петера . . . . .	1	259	Эри . . . . .	142	100
Фидел . . . . .	37	167	Пажити . . . . .	297	138	Эри . . . . .	62	197
Фидуня . . . . .	389	192	Пизел . . . . .	65	495	Эри . . . . .	163	39
Филагоря . . . . .	774	157	Цирена . . . . .	133	376	Эри . . . . .	155	1
Филія . . . . .	289	50	Пирвел . . . . .	34	197	Эри . . . . .	201	364
Филомела . . . . .	196	113	Целла . . . . .	403	298	Эри . . . . .	116	284
Философия . . . . .	227	119	Чикаго . . . . .	334	173	Эри . . . . .	132	112
Флора . . . . .	8	11	Эри . . . . .	75	188	Ю . . . . .	139	279
Флорентина . . . . .	321	321	Эри . . . . .	181	401	Ю . . . . .	89	119
Фока . . . . .	21	78	Эри . . . . .	13	130	Ю . . . . .	3	185
Фортуна . . . . .	19	19	Эри . . . . .	91	119	Ю . . . . .	269	151
Фотографика . . . . .	113	19	Эри . . . . .	96	373	Ю . . . . .	98	198
Фратернитасъ . . . . .	30	163	Эри . . . . .	413	135	Ю . . . . .	24	416
Фрейя . . . . .	76	163	Эри . . . . .	413	135	Ю . . . . .	449	18
Фрива . . . . .	77	186	Эри . . . . .	413	135	Ю . . . . .	17	199
Фтия . . . . .	81	111	Эри . . . . .	413	135			
Фэо . . . . .	322	280	Эри . . . . .	31	130			
Халдея . . . . .	313	63	Эри . . . . .	413	135			
Хариода . . . . .	88	355	Эри . . . . .	159	393			

**б и т ь а с т е р о и д о в ь .**

Средняя длина эпохи	Разстояніе перигейя отъ узла	Далота несо- дущаго узла	Наклонность	Уголъ эксцен- триситета	Среднее су- точное дви- женіе	Время оборота	Большая полуось	N
304° 25'	177° 39'	30 31'	10 50'	12° 53'	2 15"	1,76	1,16	1
55 38	122 50	174 19	22 50	4 15	1 09	2,4	1,34	2
		321 28	3 31		1 183	3,0	2,08	3
181 4		358 47	19 59		1 163	3,02	2,09	4
43 1	292 18	97 3	19 21	15 38	1 119	3,17	2,16	5
12 26	163 50	298 10	2 49	7 53	1 107	3,2	2,17	6
309 28	249 17	158 35	9 35	3 52	1 00	3,21	2,17	7
337 18	356 39	79 36	3 28	8 31	1 100	3,21	2,18	8
296 57	217 39	11 29	5 34	6 22	1 093	3,23	2,18	9
333 48	14 13	3 10	5 20	7 31	1 098	3,23	2,19	10
86 30	112 1	247 17	3 22	8 37	1 092	3,25	2,19	11
191 28	230 49	28 21	4 32	6 38	1 091	3,25	2,19	12
70 46	78 2	213 33	2 22	8 49	1 089	3,26	2,20	13
31 33	291 54	28 33	5 10	11 8	1 088	3,26	2,20	14
35 53	282 38	119 17	5 53	9 1	1 085	3,27	2,20	15
9 40	16 6	515 18	2 33	13 55	1 083	3,27	2,20	16
265 17	13 10	161 5	3 28	9 11	1 085	3,27	2,21	17
284 38	176 9	292 21	1 56	6 11	1 079	3,29	2,21	18
335 49	345 34	175 4	4 13	2 17	1 078	3,29	2,21	19
91 7	53 55	83 2	2 57	5 25	1 073	3,30	2,22	20
110 58	319 51	105 14	6 9	8 41	1 072	3,31	2,22	21
87 40	329 2	169 58	1 59	5 21	1 061	3,31	2,22	22

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывший планету	Радиус	Средняя расстояние	Э по х а
23	Фактуза †	1890 августа 19	Шарлуа . . . . .	12	18,3	1890 августа 22,0
24	Беролина . . . . .	1896 октября 8	Виттъ . . . . .	11	13,4	1896 декабря 4,5
25	Констанция † . . . . .	1891 сентября 4	Г. Пализа . . . . .	9	14	1891 сентября 4,5
26	Лакодьера . . . . .	1892 сентября 19	Шарлуа . . . . .	25	11,8	1892 сентября 22,0
27	Батистина . . . . .	1890 сентября 9	Шарлуа . . . . .	11	13,5	1890 сентября 13,0
28	Ферония . . . . .	1861 мая 29	Ц. Х. Ф. Петерсъ . . . . .	34	11,2	1870 января 0,0
29	Гармония * . . . . .	1856 марта 31	Гольдшмидтъ . . . . .	69	9,2	1863 января 0,0
30	Ида . . . . .	1879 октября 17	Г. Пализа . . . . .	26	11,8	1885 июня 1,0
31	Роксана . . . . .	1891 сентября 11	Шарлуа . . . . .	22	12,2	1891 сентября 28,0
32	Австрия . . . . .	1874 марта 18	Г. Пализа . . . . .	35	11,2	1879 декабря 10,0
33	Гесметрия . . . . .	1893 сентября 18	Шарлуа . . . . .	26	11,8	1893 сентября 27,0
34	Медикомена † . . . . .	1852 июня 24	Хиндъ . . . . .	96	9,3	1854 января 0,0
35	Саро . . . . .	1864 мая 8	Погсонъ . . . . .	46	10,6	1899 декабря 8,0
36	Малакия . . . . .	1897 ноября 18	Виллиеръ . . . . .	12	13,5	1897 ноября 18,5
37	Танора . . . . .	1892 марта 19	Г. Пализа . . . . .	38	11,1	1892 марта 20,0
38	Пятеборгъ † . . . . .	1894 ноября 1	Вольфъ . . . . .	18	13,4	1894 декабря 21,0
39	Молестия . . . . .	1893 июля 14	Шарлуа . . . . .	17	12,8	1893 июля 14,5
40	Терцидина . . . . .	1892 ноября 23	Шарлуа . . . . .	37	11,2	1893 февраля 1,5
41	Примно . . . . .	1886 октября 31	Ц. Х. Ф. Петерсъ . . . . .	18	11,5	1886 декабря 3,0
42	А В . . . . .	1894 января 30	Вильсонъ . . . . .	—	12	1894 февраля 3,5
43	Вруна †	1890 марта 20	Г. Пализа . . . . .	11	13,9	1890 мая 7,5
44	Виктория *	1850 сентября 13	Хиндъ . . . . .	61	9,7	1851 января 0,0
45	Клорида . . . . .	1889 января 28	Шарлуа . . . . .	14	13,3	1888 февраля 10,0
46	Эйхфельда . . . . .	1899 февраля 15	Вольфъ и Шваесманъ . . . . .	25	12,1	1900 июля 23,0
47	Евтерия . . . . .	1853 ноября 8	Хиндъ . . . . .	75	9,7	1873 января 5,0
48	Стефаниа †	1881 марта 19	Г. Пализа . . . . .	12	13,6	1887 января 0,5
49	Нефтисъ . . . . .	1899 августа 25	Ц. Х. Ф. Петерсъ . . . . .	47	10,7	1896 июля 29,5
50	Гуснеида . . . . .	1880 сентября 30	Г. Пализа . . . . .	38	11,2	1889 января 21,0
51	Унитасъ . . . . .	1891 марта 1	Мизозевичъ . . . . .	48	10,7	1895 апреля 20,0
52	Зелия . . . . .	1876 сентября 23	Пе. Анри . . . . .	37	11,3	1886 апреля 27,0
53	Амалія . . . . .	1889 мая 29	Шарлуа . . . . .	17	12,9	1889 июня 10,0
54	Велл . . . . .	1807 марта 29	Ольбертъ . . . . .	193	6,5	1857 января 1,0
55	Недута . . . . .	1878 апреля 6	Пр. Анри . . . . .	35	11,4	1883 октября 12,0
56	Аль . . . . .	1865 августа 25	Р. Лютеръ . . . . .	37	11,3	1894 августа 3,0
57	Урания . . . . .	1854 июля 22	Хиндъ . . . . .	58	9,9	1890 июня 5,0
58	Немауса . . . . .	1858 января 22	Лаврентъ . . . . .	73	9,8	1881 августа 81,0
59	Эригона . . . . .	1876 апреля 26	Нирротень . . . . .	26	12,0	1876 июля 18,0
60	Проия . . . . .	1897 декабря 18	Шарлуа . . . . .	33	11,3	1898 января 22,5
61	Артемида . . . . .	1868 сентября 16	Ватсонъ . . . . .	40	11,1	1874 февраля 9,0
62	Амалтея . . . . .	1871 марта 12	Р. Лютеръ . . . . .	43	11,0	1871 марта 27,0
63	Халдея . . . . .	1891 августа 30	Г. Пализа . . . . .	58	10,3	1891 сентября 8,0
64	Нина . . . . .	1883 августа 16	Ц. Х. Ф. Петерсъ . . . . .	13	13,6	1896 сентября 1,0
65	Асторъ . . . . .	1876 апреля 16	Ватсонъ . . . . .	43	11,0	1884 августа 15,0
66	Ира . . . . .	1871 августа 6	Ватсонъ . . . . .	56	10,4	1881 мая 3,0
67	Бавария . . . . .	1877 февраля 5	Борелли . . . . .	50	10,4	1886 октября 24,0
68	Атамантида . . . . .	1892 сентября 8	де Вальз . . . . .	59	10,3	1886 октября 24,0
69	Девоза . . . . .	1892 сентября 22	Шарлуа . . . . .	36	11,4	1897 января 4,5
70	DP . . . . .	1898 июля 16	Шарлуа . . . . .	20	12,7	1898 августа 22,0
71	Видваръ . . . . .	1883 августа 12	Ц. Х. Ф. Петерсъ . . . . .	32	11,7	1886 апреля 27,0
72	Ирида . . . . .	1847 августа 18	Хиндъ . . . . .	124	8,4	1900 января 0,0
73	Беттада *	1848 апреля 26	Граханъ . . . . .	124	8,9	1858 июля 30,0
74	Ельза . . . . .	1900 октября 31	Вольфъ . . . . .	—	14,9	1900 октября 81,5
75	Экс . . . . .	1860 сентября 14	Фергюсонъ . . . . .	42	11,1	1866 января 0,0
76	Авония . . . . .	1861 февраля 10	де Гаспарисъ . . . . .	72	9,9	1873 июля 24,0
77	Аурора . . . . .	1888 марта 8	Г. Пализа . . . . .	34	11,6	1888 марта 9,5
78	Фокья . . . . .	1853 апреля 6	Шакорналь . . . . .	49	10,5	1883 июня 12,0
79	Нанзикая . . . . .	1879 февраля 17	Г. Пализа . . . . .	76	9,3	1888 июля 25,0
80	Ольга . . . . .	1891 февраля 14	Г. Пализа . . . . .	23	12,4	1891 марта 12,0
81	Кларисса . . . . .	1890 ноября 14	Шарлуа . . . . .	12	13,9	1890 ноября 15,5
82	Массалия . . . . .	1892 сентября 19	де Гаспарисъ . . . . .	106	9,2	1870 января 0,0
83	Остара †	1892 ноября 15	Вольфъ . . . . .	14	13,5	1892 декабря 11,0
84	Эльза . . . . .	1878 февраля 7	Г. Пализа . . . . .	45	11,0	1884 ноября 23,0
85	С . . . . .	1893 марта 19	Шарлуа . . . . .	—	13,0	1893 апреля 10,5
86	Полана . . . . .	1875 января 28	Г. Пализа . . . . .	25	12,2	1875 января 30,5
87	Али . . . . .	1861 апреля 17	Погсонъ . . . . .	41	11,2	1865 января 7,0
88	Нина . . . . .	1857 мая 27	Гольдшмидтъ . . . . .	78	9,8	1860 января 28,0
89	Анна . . . . .	1887 февраля 25	Г. Пализа . . . . .	12	13,8	1887 апреля 17,5

Средняя пл. д. в длинах	Расстояние от центра в а. у.	Долгота поско-		На долготу	Угол вращен.	Среднее су-	Время	Величина	M
		дично	узла						
330 33'	250 2	120° 56'	1 15	9 6	10687	3,52	2,23	23	
48 4	333 4	8 53	5 0	12 23	1066	3,32	2,23	24	
9 28	171 22	161 14	2 25	9 40	1057	3,36	2,24	25	
91 30	28 11	234 58	5 38	5 21	1049	3,39	2,25	26	
228 17	132 50	8 6	6 18	5 32	1042	3,41	2,26	27	
93 24	100 10	207 49	5 24	6 53	1040	3,41	2,26	28	
186 48	267 19	93 35	4 16	2 40	1039	3,41	2,27	29	
48 10	189 15	28 56	3 49	1 38	1028	3,45	2,28	30	
4 12	185 8	150 39	1 45	4 55	1026	3,47	2,29	31	
110 42	129 59	186 7	9 33	4 52	1026	3,47	2,29	32	
102 43	313 24	302 11	5 25	9 51	1025	3,47	2,29	33	
80 5	225 2	150 4	10 9	12 34	1020	3,48	2,29	34	
13 46	186 59	218 38	6 87	11 33	1020	3,48	2,29	35	
23 0	13 17	17 23	6 14	10 15	1009	3,52	2,31	36	
298 19	236 57	32 1	23 47	10 48	1000	3,53	2,32	37	
36 6	145 11	212 41	23 3	17 58	10 4	3,54	2,32	38	
312 27	66 23	21 0	7 52	5 11	10 2	3,54	2,32	39	
354 21	227 31	212 33	9 44	3 31	1001	3,55	2,33	40	
248 9	63 17	96 16	3 38	5 10	997	3,56	2,33	41	
		21 40	4 34		996	3,56	2,33	42	
56 49	103 33	10 19	22 18	15 4	995	3,56	2,33	43	
66 8	66 5	235 35	8 23	12 39	995	3,57	2,33	44	
54 42	293 27	144 38	9 1	4 42	992	3,58	2,34	45	
80 44	81 47	134 40	6 4	4 5	988	3,58	2,34	46	
90 32	354 8	98 51	1 36	10 1	987	3,60	2,35	47	
191 13	75 9	258 26	7 34	14 54	985	3,60	2,35	48	
30 46	119 10	142 7	10 2	1 18	983	3,61	2,35	49	
130 33	140 4	200 48	10 47	12 55	982	3,61	2,35	50	
274 15	165 29	141 39	7 15	8 43	980	3,62	2,36	51	
268 22	332 11	354 43	5 31	7 29	980	3,62	2,36	52	
326 13	54 59	233 57	8 5	12 47	979	3,62	2,36	53	
198 21	147 11	103 23	7 8	5 6	978	3,63	2,36	54	
67 31	812 37	14 34	13 10	8 37	978	3,63	2,36	55	
341 59	12 27	327 25	9 21	13 35	977	3,63	2,36	56	
239 52	83 43	308 15	2 6	7 21	975	3,64	2,36	57	
161 40	358 36	175 43	9 58	3 54	975	3,64	2,36	58	
113 21	295 7	160 19	4 46	11 0	973	3,64	2,37	59	
188 27	170 59	88 37	12 7	8 15	971	3,64	2,37	60	
270 47	54 45	187 55	21 31	10 7	971	3,65	2,37	61	
343 23	76 4	123 4	5 2	4 55	967	3,66	2,37	62	
227 53	312 51	176 34	11 35	10 21	967	3,67	2,38	63	
332 21	30 16	334 49	9 41	12 29	967	3,67	2,38	64	
8 17	292 13	18 27	9 3	7 59	967	3,67	2,38	65	
170 32	93 57	309 3	11 34	11 7	966	3,67	2,38	66	
53 12	357 13	331 57	10 2	6 33	966	3,67	2,38	67	
13 52	137 19	239 40	9 26	8 33	965	3,68	2,38	68	
351 49	95 59	355 34	7 52	7 55	964	3,68	2,38	69	
355 39	58 28	263 41	7 24	14 13	964	3,68	2,38	70	
205 23	180 34	144 13	15 21	14 3	962	3,69	2,39	71	
9 5	141 31	260 34	5 28	13 21	962	3,69	2,39	72	
57 5	2 32	63 32	5 36	7 5	962	3,69	2,39	73	
19 50	325 32	36 26	13 30	12 43	961	3,69	2,39	74	
65 45	266 31	192 2	3 34	10 39	958	3,70	2,39	75	
29 30	292 12	337 58	5 48	7 10	957	3,71	2,39	76	
261 20	118 28	158 59	24 24	9 19	955	3,71	2,40	77	
341 35	88 29	214 2	21 35	14 48	954	3,72	2,40	78	
324 20	27 41	243 25	6 52	14 9	952	3,72	2,40	79	
194 1	169 53	158 46	15 48	12 49	952	3,73	2,40	80	
327 46	52 15	7 49	3 26	6 22	950	3,73	2,41	81	
142 0	232 45	206 29	0 41	8 12	948	3,74	2,41	82	
15 7	6 58	38 40	3 18	13 23	948	3,74	2,41	83	
1 48	308 11	106 33	2 10	10 47	945	3,75	2,41	84	
		89 0	7 49		944	3,76	2,42	85	
281 59	297 45	292 18	2 14	7 39	943	3,76	2,42	86	
296 8	103 24	202 41	6 0	10 40	941	3,76	2,42	87	
4 50	340 26	131 3	8 42	8 39	941	3,77	2,42	88	
330 11	250 37	335 27	25 46	15 9	941	3,77	2,42	89	

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывший планету	Расстояние	Средняя величина	Э по х а
				км.		
90	Геба	1847 июля 1	Генке	112	8,3	1870 ноября 7,0
91	Гебта	1871 февраля 18	Ц. Х. Ф. Петерсъ	57	10,5	1874 февраля 26,5
92	Безариса	1865 апреля 26	де Гаспарисъ	40	11,3	1870 октября 28,0
93	Вала	1873 мая 24	Ц. Х. Ф. Петерсъ	26	12,2	1886 декабря 13,0
94	Ифигения	1870 сентября 19	Ц. Х. Ф. Петерсъ	36	11,5	1885 августа 30,0
95	Тора	1890 октября 6	Г. Пализа	9	14,5	1890 ноября 12,0
96	Лотадия *	1882 ноября 15	Гольдшмидтъ	69	10,1	1881 января 2,0
97	Пейто	1872 марта 15	Р. Лютеръ	49	10,8	1872 марта 31,0
98	Велледа	1882 ноября 5	Навелъ Анри	36	11,5	1899 декабря 15,0
99	Ианел	1886 мая 23	Погсонъ	60	10,4	1870 января 1,0
100	Фортуна	1852 августа 22	Хиндъ	79	9,8	1883 ноября 29,0
101	Вранома	1863 сентября 14	Ватсонъ	58	10,5	1861 января 0,0
102	Элла	1898 сентября 11	Вольфъ и Швассманъ.	27	12,1	1898 октября 1,0
103	Толоза	1874 мая 19	Пегротень	32	11,8	1889 апреля 1,0
104	Фтия	1878 сентября 9	Ц. Х. Ф. Петерсъ	37	11,5	1885 июля 1,5
105	Партеюша	1850 мая 11	де Гаспарисъ	88	9,3	1850 мая 25,0
106	Аппелла	1879 июня 13	Борелли	44	11,1	1887 сентября 9,0
107	Белизана	1877 ноября 6	Г. Пализа	29	12,0	1887 апреля 22,0
108	Леме	1885 июня 5	Г. Пализа	18	13,0	1889 мая 21,0
109	Фетида	1852 апреля 17	Р. Лютеръ	71	10,1	1872 июня 20,5
110	Розерта	1892 сентября 1	Штаусъ	86	11,6	1892 декабря 11,0
111	Свел	1892 марта 21	Вольфъ	28	12,1	1894 декабря 1,0
112	Этра *	1873 июня 13	Ватсонъ	46	11,1	1873 июня 18,5
113	Гетти	1857 августа 16	Погсонъ	60	10,6	1881 января 0,0
114	Д. Ювика	1890 апреля 25	Г. Пализа	25	12,5	1890 апреля 26,0
115	D. Z	1898 ноября 19	Вольфъ и Виландеръ.	—	12,5	1898 ноября 17,5
116	Гамбургга	1899 октября 31	Вольфъ и Швассманъ.	38	11,6	1901 марта 20,0
117	Зарияга	1896 сентября 3	Вольфъ	12	14,2	1896 сентября 3,5
118	Горелла	1883 января 20	Шарлуа	19	13,1	1883 февраля 25,5
119	Юзия	1865 августа 6	Стефанъ	78	10,1	1883 декабря 19,0
120	Россия	1885 января 31	Г. Пализа	18	13,4	1887 февраля 21,0
121	Валда	1886 января 3	Г. Пализа	13	14,1	1890 ноября 12,0
122	Миди	1877 января 10	Пегротень	37	11,7	1887 сентября 29,0
123	Амфитрата	1854 марта 1	Марти	143	9,0	1855 января 0,0
124	Хлод	1895 марта 21	Шарлуа	8	10,7	1895 марта 27,5
125	Сифросина	1873 сентября 27	Р. Лютеръ	50	11,1	1874 января 0,0
126	Эндимионъ †*	1892 октября 17	Вольфъ	23	12,8	1892 декабря 17,5
127	Аспазия	1895 декабря 9	Шарлуа	60	10,7	1899 ноября 19,0
128	Амвроси (?)	1879 февраля 28	Колдия	30	12,2	1879 марта 25,5
129	Атрон	1885 декабря 8	Генке	81	9,9	1863 февраля 8,0
130	Эврия *	1850 ноября 2	де Гаспарисъ	97	9,7	1850 января 0,0
131	Гония †*	1893 марта 12	Шарлуа	50	11,1	1893 апреля 10,0
132	Гя	1895 июля 23	Шарлуа	52	11,0	1895 июля 27,0
133	Фурга	1896 января 7	Вольфъ	51	12,2	1896 января 10,5
134	Альген	1872 апреля 3	Ватсонъ	64	10,6	1885 июня 11,0
135	Лент	1868 августа 15	Ватсонъ	61	10,7	1879 апреля 4,0
136	Демпирга *	1870 декабря 1	Борелли	10	14,7	1875 декабря 27,5
137	Ломон	1854 октября 26	Гольдшмидтъ	64	10,6	1855 января 0,0
138	Арсиноя	1895 июня 20	Шарлуа	21	13,0	1895 июня 19,0
139	Ирена	1851 мая 19	Хиндъ	103	9,7	1871 января 16,0
140	Эгия	1895 ноября 4	Стефанъ	58	10,8	1897 февраля 8,0
141	Аврезия	1886 сентября 3	Вольфъ	51	11,1	1896 октября 11,0
142	Абуданция	1875 ноября 1	Г. Пализа	35	11,9	1898 марта 15,0
143	Ате	1870 августа 14	Ц. Х. Ф. Петерсъ	47	11,3	1885 февраля 21,0
144	Дезидерата	1882 ноября 15	Шарлуа	39	11,7	1892 декабря 11,0
145	Алемиди	1886 сентября 3	Вольфъ	26	12,6	1896 сентября 3,5
146	D. Z	1897 ноября 23	Шарлуа	43	11,5	1897 ноября 24,5
147	Мелета	1857 сентября 9	Гольдшмидтъ	56	11,3	1870 ноября 7,0
148	Индустрия	1894 марта 7	Шарлуа	52	11,1	1898 января 14,0
149	Сидина	1892 ноября 28	Шарлуа	34	12,0	1898 марта 12,0
150	D. W.	1888 ноября 6	Вольфъ и Швассманъ.	—	13,5	1898 ноября 19,5
151	Асхера	1880 февраля 29	Г. Пализа	33	12,1	1884 февраля 17,0
152	Проме	1879 марта 22	Ц. Х. Ф. Петерсъ	69	10,5	1884 мая 22,0
153	Панопея	1861 мая 5	Гольдшмидтъ	57	10,9	1886 апреля 27,0
154	Юстиция	1887 сентября 21	Г. Пализа	25	12,7	1887 октября 19,0
155	Тихоя	1886 мая 4	Р. Лютеръ	69	11,1	1886 мая 17,0
156	Казинсо	1858 апреля 4	Р. Лютеръ	43	11,5	1883 января 13,0



Средняя эклиптика эп. э.	Рассеяние перигелия в градусах	Длина восхо- дищного узла	Наклонность	Угол эксцент- ричности	Среднее су- точное дви- жение	Время оборота	Большая полуось	N
338° 4'	236° 43'	128° 40'	14° 47'	11° 39'	939'	3,77	2,42	90
215 40	335 49	343 59	2 19	11 49	937	3,79	2,43	91
175 16	164 15	27 32	5 0	4 56	937	3,79	2,43	92
228 15	155 18	65 25	4 58	3 55	936	3,79	2,43	93
359 58	14 20	324 2	2 37	7 24	935	3,79	2,43	94
7 6	118 0	11 10	1 55	3 29	934	3,80	2,43	95
71 20	246 36	8 28	3 5	9 2	934	3,80	2,43	96
84 37	30 1	47 24	7 48	9 17	932	3,80	2,44	97
81 59	325 47	23 20	2 56	6 4	931	3,81	2,44	98
154 47	233 14	84 37	8 35	13 4	931	3,81	2,44	99
26 8	179 41	211 18	1 33	9 6	930	3,82	2,44	100
1 29	197 36	206 43	4 37	11 15	929	3,82	2,44	101
3 23	331 7	23 7	1 50	8 53	926	3,83	2,45	102
263 33	257 28	54 47	3 14	9 20	926	3,83	2,45	103
276 33	166 23	203 25	5 9	2 7	925	3,84	2,45	104
288 46	192 5	124 58	4 37	5 41	924	3,84	2,45	105
339 15	86 51	268 39	9 19	13 3	920	3,86	2,46	106
299 51	211 48	50 51	1 55	2 28	919	3,86	2,46	107
5 10	2 6	24 37	4 1	3 15	913	3,88	2,47	108
8 25	136 22	125 16	5 36	7 24	912	3,89	2,47	109
69 34	140 56	147 54	5 6	10 11	911	3,89	2,47	110
218 0	37 35	178 28	15 0	1 34	911	3,89	2,47	111
72 21	232 16	232 10	5 32	19 21	911	3,89	2,47	112
270 50	173 10	181 35	2 18	9 29	884	4,02	2,53	113
246 28	289 19	13 5	14 11	1 40	882	4,02	2,53	114
36 4	15 49	239 41	3 53	1	881	4,02	2,53	115
333 0	205 14	59 37	3 6	9 41	877	4,03	2,54	116
37 15	91 33	187 59	7 52	16 53	877	4,03	2,54	117
64 46	42 15	332 11	4 21	6 13	877	4,04	2,54	118
315 31	17 36	311 36	16 12	10 25	871	4,07	2,55	119
310 47	22 38	152 31	6 4	10 3	870	4,08	2,55	120
247 0	155 11	88 33	7 44	12 14	870	4,08	2,55	121
153 2	59 42	301 20	14 23	3 43	870	4,08	2,55	122
28 44	12 26	14 23	6 7	4 15	869	4,08	2,55	123
332 32	80 22	129 30	11 50	6 25	869	4,08	2,55	124
325 3	222 12	316 31	11 37	6 45	863	4,11	2,56	125
183 45	351 9	22 71	7 20	7 23	861	4,12	2,57	126
68 49	79 37	212 36	11 15	3 33	861	4,13	2,57	127
7 1	354 0	351 24	11 39	16 35	858	4,13	2,57	128
210 47	76 58	141 28	5 19	10 44	858	4,13	2,58	129
123 43	29 53	43 11	16 32	5 0	858	4,14	2, 8	130
13 37	395 15	27 25	8 4	2 33	857	4,14	2,58	131
72 21	218 32	255 39	11 48	11 32	857	4,14	2,58	132
234 22	167 57	92 2	11 18	11 32	857	4,14	2,58	133
213 28	313 55	105 4	18 2	19 15	857	4,14	2,58	134
319 49	13 31	203 57	5 44	4 41	856	4,15	2,58	135
223 55	337 39	343 41	10 11	7 36	854	4,15	2,58	136
36 34	117 47	67 16	12 2	12 9	854	4,15	2,58	137
3 5 28	93 3	22 45	5 29	4 46	853	4,15	2,59	138
51 32	71 35	92 2	14 4	11 57	851	4,17	2,59	139
58 58	39 20	86 49	9 8	9 21	851	4,17	2,59	140
9 18	139 21	10 7	2 8	6 7	851	4,17	2,59	141
28 19	164 20	230 14	3 58	14 47	850	4,17	2,59	142
96 11	233 46	58 3	6 28	2 41	850	4,17	2,59	143
337 1	133 1	4 36	4 36	6 9	849	4,17	2,59	144
39 3	144 24	18 34	18 38	18 1	848	4,19	2,59	145
87 12	29 12	219 7	6 48	6 58	847	4,19	2,59	146
301 9	263 28	20 39	9 48	8 24	847	4,19	2,59	147
1 19	56 31	24 29	8 1	13 38	847	4,19	2,59	148
32 35	127 1	282 12	8 7	3 27	843	4, 0	2,54	149
321 19	169 11	8 58	11 42	9 35	840	4,22	2,61	150
269 31	297 5	229 12	14 41	—	840	4,22	2,61	151
62 11	115 31	342 24	3 27	1 52	840	4,22	2,61	152
39 3	137 10	1 0 14	18 34	13 47	838	4,22	2,61	153
212 55	398 43	18 9	11 58	10 21	838	4, 3	2,61	154
		156 35	5 9	2 11	838	4, 3	2,61	155
		96 15	11 13	11 2	838	4, 3	2,61	156
		143 39	5 7	11 4	837	4,23	2,62	157

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывший планету	Рассетъ	Средняя расстояние	Д о г о л а
157	Диана . . . . .	1863 марта 15	Р. Лютеръ . . . . .	66	10,6	1863 марта 9,0
158	S. . . . .	1892 декабря 8	Шарлуа . . . . .	66	13,0	1892 декабря 17,5
159	Арахис . . . . .	1895 октября 13	Вольфъ . . . . .	56	11,9	1895 ноября 10,5
160	Гели . . . . .	1852 декабря 15	Хиндъ . . . . .	70	10,5	1860 января 1,0
161	Адкеста . . . . .	1872 августа 23	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	77	10,3	1876 августа 17,0
162	P. M. . . . .	1900 октября 22	Вольфъ . . . . .	77	13,7	1900 октября 22,5
163	Фростеритастъ (* . . . . .	1891 апрѣля 6	Г. Пализа . . . . .	25	12,7	1891 мая 11,5
164	Матевида . . . . .	1900 марта 28	Шварсманн . . . . .	12	11,6	1900 апрѣля 21,5
165	Ева . . . . .	1876 июля 12	Павель Анри . . . . .	44	11,5	1887 февраля 21,0
166	Венна †* . . . . .	1894 декабря 19	Шарлуа . . . . .	27	12,6	1894 декабря 21,0
167	Фидей . . . . .	1855 октября 5	Р. Лютеръ . . . . .	75	10,4	1894 ноября 11,0
168	Евипитя . . . . .	1851 юля 29	де Гаспарисъ . . . . .	148	8,6	1854 января 0,0
169	Матильда . . . . .	1885 ноября 12	Г. Пализа . . . . .	19	15,4	1897 апрѣля 29,0
170	Майя . . . . .	1861 апрѣля 10	Туттъль . . . . .	33	12,2	1885 декабря 16,0
171	Олеанъ . . . . .	1882 марта 30	Г. Пализа . . . . .	41	11,7	1890 февраля 5,5
172	Аеря . . . . .	1893 юля 4	Борелли . . . . .	23	12,9	1893 августа 8,0
173	Виргинія . . . . .	1857 октября 4	Фергюссонъ . . . . .	41	11,7	1870 сентября 18,0
174	Ю . . . . .	1865 сентября 19	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	60	10,9	1874 декабря 26,0
175	Альма (* . . . . .	1894 марта 24	Бигурданъ . . . . .	18	13,5	1897 декабря 23,0
176	Бурдигала . . . . .	1894 февраля 11	Куртъ . . . . .	41	11,7	1899 апрѣля 9,5
177	Прозерпина * . . . . .	1853 мая 5	Р. Лютеръ . . . . .	72	10,5	1853 юля 11,0
178	Виблдія . . . . .	1875 юля 3	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	66	10,7	1877 января 4,0
179	Астерона . . . . .	1883 мая 11	Борелли . . . . .	50	11,3	1887 апрѣля 2,0
180	Миріамъ . . . . .	1868 августа 22	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	28	12,6	1868 августа 19,0
181	Клвтія . . . . .	1862 апрѣля 17	Туттъль . . . . .	36	12,0	1875 марта 16,0
182	Бланка . . . . .	1880 сентября 4	Г. Пализа . . . . .	48	11,4	1897 февраля 1,0
183	Бавидясъ . . . . .	1884 августа 27	Борелли . . . . .	29	12,5	1897 августа 7,0
184	Июмень . . . . .	1875 января 13	Павель Анри . . . . .	48	11,4	1884 апрѣля 12,0
185	Юнона . . . . .	1804 сентября 1	Гардингъ . . . . .	146	8,7	1876 марта 19,0
186	Фригга . . . . .	1862 ноября 12	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	79	11,1	1884 ноября 3,0
187	Клото . . . . .	1868 февраля 17	Гемпель . . . . .	69	10,6	1868 марта 1,0
188	Эвридика . . . . .	1862 сентября 22	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	28	11,6	1862 октября 16,0
189	Каллисто . . . . .	1879 октября 8	Г. Пализа . . . . .	36	12,0	1888 ноября 2,0
190	Адеона . . . . .	1875 юля 3	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	50	11,3	1887 января 17,0
191	Кассандра . . . . .	1871 юля 23	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	55	11,4	1874 ноября 16,0
192	Флудія . . . . .	1894 января 8	Шарлуа . . . . .	29	12,6	1894 января 11,0
193	Шенслова . . . . .	1879 августа 7	Г. Пализа . . . . .	38	11,9	1897 ноября 15,0
194	Бамберга . . . . .	1892 февраля 25	Г. Пализа . . . . .	97	9,9	1892 февраля 25,5
195	Аргеллина . . . . .	1861 марта 4	Гемпель . . . . .	73	10,5	1865 января 7,0
196	Родона . . . . .	1876 августа 15	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	30	12,5	1887 февраля 21,0
197	Пирисей . . . . .	1855 апрѣля 6	Шакорнакъ . . . . .	41	11,5	1860 юля 17,0
198	Янте . . . . .	1868 апрѣля 18	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	27	12,7	1894 января 15,0
199	Камилія . . . . .	1893 сентября 20	Шарлуа . . . . .	47	11,5	1893 октября 7,5
200	Брунгильда . . . . .	1872 юля 31	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	41	11,8	1885 юля 21,0
201	Аспорина . . . . .	1883 марта 6	Борелли . . . . .	43	11,7	1885 апрѣля 12,0
202	Фелицитастъ . . . . .	1869 октября 9	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	37	12,0	1878 октября 15,0
203	Конкордія . . . . .	1860 марта 24	Р. Лютеръ . . . . .	45	11,6	1865 января 7,0
204	Герц . . . . .	1868 сентября 7	Ватсонъ . . . . .	86	10,2	1875 марта 6,0
205	Бруксалия . . . . .	1900 марта 22	Вольфъ и Шварсманнъ . . . . .	46	11,6	1900 юля 16,5
206	Александра . . . . .	1858 сентября 10	Гольдшмидтъ . . . . .	63	10,9	1858 декабря 30,0
207	Эльвисъ . . . . .	1860 сентября 12	Шакорнакъ . . . . .	61	10,9	1865 января 7,0
208	Веритія . . . . .	1882 юля 19	Г. Пализа . . . . .	24	13,0	1891 августа 19,0
209	И. Г. . . . .	1898 ноября 8	Шарлуа . . . . .	51	12,3	1898 ноября 12,5
210	Люция . . . . .	1875 юля 8	Борелли . . . . .	58	11,1	1885 октября 9,0
211	P. N. . . . .	1900 октября 22	Вольфъ . . . . .	77	13,9	1900 октября 22,5
212	Евгенія . . . . .	1857 юля 27	Гольдшмидтъ . . . . .	70	10,7	1857 января 12,0
213	Гаруина . . . . .	1878 января 29	Перротенъ . . . . .	21	13,3	1887 февраля 1,0
214	Изабелла . . . . .	1879 ноября 12	Г. Пализа . . . . .	30	12,5	1886 апрѣля 7,0
215	Баварія . . . . .	1890 ноября 16	Г. Пализа . . . . .	28	12,7	1890 декабря 22,0
216	Ботемія . . . . .	1893 юля 6	Шарлуа . . . . .	45	11,8	1893 августа 8,0
217	Уни . . . . .	1876 февраля 20	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	43	11,8	1876 марта 10,0
218	Руперто-Карола (?) . . . . .	1893 февраля 16	Вольфъ . . . . .	14	11,2	1893 февраля 22,5
219	Сива . . . . .	1874 октября 13	Г. Пализа . . . . .	51	11,4	1882 мая 18,0
220	Лидія . . . . .	1870 апрѣля 19	Борелли . . . . .	77	10,5	1870 мая 31,0
221	Ламберта . . . . .	1878 апрѣля 11	Коджия . . . . .	51	11,4	1882 января 18,0
222	Помпея . . . . .	1879 сентября 25	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	45	11,7	1879 октября 1,0
223	Димамона . . . . .	1879 юля 27	Ц. X. Ф. Петерсъ . . . . .	54	11,3	1888 юля 25,0

Средняя длина полу	Разстояние перигея отъ узла	Длина апо- диаста узла	Наклонность	Угол экс- центриситета	Среднее точное дви- жение	Время оборота	Большая полуось	N
382 15'	14 45'	333 58'	8° 39'	11° 48'	835°	4,24	2,62	157
		358 8	8 27	—	835	4,24	2,62	158
17 44	79 38	295 10	7 32	3 55	834	4,24	2,62	159
196 2	56 22	67 38	10 13	13 24	833	4,26	2,63	160
55 54	56 14	188 25	2 56	4 30	833	4,26	2,63	161
318 44	17 56	29 42	10 28	12 20	832	4,26	2,63	162
259 6	332 8	358 0	3 56	5 2	832	4,27	2,63	163
351 43	173 50	32 34	6 19	6 25	831	4,27	2,63	164
114 46	281 55	77 37	24 25	20 18	831	4,28	2,63	165
53 15	136 42	228 41	12 44	14 18	829	4,28	2,63	166
382 37	59 17	8 5	3 6	10 17	827	4,29	2,64	167
129 6	94 0	293 52	11 44	10 48	825	4,30	2,64	168
286 59	153 46	180 2	6 38	15 26	825	4,30	2,64	169
29 26	39 15	8 25	3 6	9 58	824	4,30	2,64	170
225 25	276 55	358 32	5 52	2 26	824	4,30	2,64	171
287 30	205 43	94 29	12 44	5 29	824	4,31	2,65	172
2 17	196 13	173 29	2 48	16 30	822	4,31	2,65	173
84 29	119 13	203 51	11 53	11 12	821	4,32	2,65	174
352 2	188 9	305 29	12 9	7 26	821	4,32	2,65	175
119 45	30 53	48 13	5 39	8 22	821	4,32	2,65	176
351 6	196 30	45 55	3 36	5 1	820	4,33	2,66	177
51 0	29 28	76 48	4 49	13 37	820	4,33	2,66	178
210 57	121 51	292 29	7 39	6 43	817	4,34	2,66	179
1 13	143 5	211 37	5 5	14 47	817	4,34	2,66	180
111 59	50 13	7 42	2 24	2 24	815	4,35	2,66	181
272 13	59 0	170 57	15 13	6 40	815	4,35	2,67	182
296 52	297 35	114 55	2 6	12 4	815	4,35	2,67	183
155 43	54 48	319 5	11 58	12 19	815	4,35	2,67	184
106 32	243 59	170 54	13 1	14 55	814	4,36	2,67	185
343 50	57 6	1 57	2 28	7 31	814	4,36	2,67	186
74 19	281 59	160 47	11 45	14 54	814	4,36	2,67	187
26 41	331 31	359 55	5 0	17 51	813	4,37	2,67	188
149 55	51 17	205 54	8 17	9 52	812	4,37	2,67	189
4 31	49 57	77 44	12 41	8 14	812	4,37	2,67	190
71 55	348 59	164 29	4 55	8 6	811	4,38	2,68	191
129 59	237 2	95 11	6 10	6 34	810	4,38	2,68	192
53 2	177 43	157 9	5 43	10 25	810	4,38	2,68	193
120 39	40 8	329 1	11 18	19 33	808	4,39	2,68	194
355 17	172 27	311 10	1 20	7 22	808	4,39	2,68	195
92 55	260 48	129 38	12 1	12 15	807	4,41	2,69	196
107 44	325 0	184 49	5 27	6 4	805	4,41	2,69	197
331 3	151 50	354 10	15 34	10 49	805	4,41	2,69	198
308 7	192 10	210 36	6 40	4 26	805	4,41	2,69	199
219 54	120 45	308 32	6 25	7 2	802	4,42	2,69	200
289 50	93 21	162 39	15 38	6 3	801	4,42	2,69	201
357 53	52 24	4 29	8 1	17 14	801	4,43	2,70	202
21 24	27 50	161 20	5 2	2 26	800	4,44	2,70	203
196 59	184 44	136 18	5 24	4 37	799	4,44	2,70	204
296 11	265 41	77 42	11 47	17 57	798	4,45	2,70	205
52 11	349 27	313 49	11 47	11 28	796	4,46	2,71	206
334 19	207 58	170 50	8 37	6 44	794	4,47	2,71	207
30 52	159 9	135 31	15 50	11 43	793	4,47	2,71	208
294 43	80 9	49 39	6 26	9 23	793	4,48	2,72	209
137 49	143 3	84 17	13 6	3 45	791	4,48	2,72	210
14 39	163 31	205 36	4 36	5 54	791	4,48	2,72	211
230 57	84 19	148 4	6 35	4 42	791	4,48	2,72	212
5 24	169 20	314 51	0 53	9 34	790	4,49	2,72	213
151 24	11 35	32 46	5 18	7 3	789	4,49	2,72	214
151 50	119 55	142 34	4 53	3 46	789	4,51	2,72	215
37 46	337 17	284 13	7 23	3 34	788	4,51	2,72	216
92 46	46 5	9 20	3 51	3 53	788	4,51	2,72	217
44 0	317 40	103 16	5 35	19 15	787	4,51	2,72	218
308 2	193 6	107 6	3 12	12 30	786	4,51	2,73	219
226 46	278 33	57 15	6 0	4 33	785	4,51	2,73	220
288 15	191 51	22 13	10 43	13 50	785	4,52	2,73	221
333 12	53 43	348 38	3 18	3 25	784	4,52	2,74	222
277 46	82 44	325 18	6 55	7 41	783	4,53	2,74	223

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывший планету	Радиус	Средняя вселенная	Эпоха
224	В. З.	1894 декабрь 1	Шаруа	22	13,2	1894 декабрь 2,5
225	Гвинея	1818 март 1	П. Х. Ф. Петерсъ	97	10,0	1889 августа 29,0
226	Арета	1879 май 21	Г. Пализа	28	12,7	1888 май 6,0
227	Авигания	1894 марта 5	Курли	107	9,8	1895 июль 3,5
228	Херсидия	1879 октября 13	П. Х. Ф. Петерсъ	39	12,0	1887 июня 21,0
229	Леда	1856 января 12	Шакорнакъ	52	11,4	1836 февраля 24,0
230	Евкроте	1885 марта 14	Р. Лютеръ	62	11,0	1885 марта 3,0
231	Анбератриксъ	1872 сентября 11	Пр. Аури	57	11,2	1865 октября 29,0
232	Нно	1877 августа 1	Борелли	62	11,0	1881 августа 3,5
233	Эдуарда	1892 сентября 25	Вольфъ	26	12,9	1892 ноября 1,0
234	Оппония	1886 марта 31	Г. Пализа	17	13,8	1889 марта 2,0
235	Немезида	1872 ноября 25	Ватсонъ	76	10,6	1880 июля 7,0
236	Иадуа	1893 марта 17	Шаруа	48	11,6	1893 май 14,5
237	Полиско	1891 марта 31	Борелли	63	11,0	1891 апрѣля 1,0
238	Атаганта	1835 октября 5	Гольдшмидтъ	40	12,0	1856 января 0,0
239	Илдеи	1880 февраля 6	Г. Пализа	46	11,7	1885 апрѣля 12,0
240	Юанна	1872 ноября 5	Пр. Аури	29	10,5	1879 апрѣля 4,0
241	Итуррия	1893 января 21	Шаруа	42	11,9	1893 февраля 9,0
242	Маргарита	1891 май 16	Шаруа	20	13,5	1891 июня 17,5
243	Паулина	1888 май 16	Г. Пализа	28	12,7	1888 июль 15,0
244	Минерва	1867 августа 24	Ватсонъ	69	10,8	1879 февраля 3,0
245	Нюба	1891 августа 13	Р. Лютеръ	90	10,7	1896 января 3,0
246	Нюдора	1858 сентября 10	Сяръ	69	10,8	1858 декабря 30,0
247	Глаусе	1890 февраля 10	Р. Лютеръ	31	12,5	1890 февраля 5,0
248	Адрія	1875 февраля 23	Г. Пализа	33	12,4	1880 марта 29,0
249	Мейта (?)	1878 июня 18	П. Х. Ф. Петерсъ	25	13,0	1897 сентября 1,0
250	Альмена	1864 ноября 27	Р. Лютеръ	58	11,2	1877 сентября 21,0
251	Глисавета	1896 января 7	Вольфъ	38	12,1	1896 февраля 14,0
252	Целестина	1884 июня 27	Г. Пализа	27	12,8	1887 января 12,0
253	Ирза	1892 декабря 10	Вольфъ	36	12,2	1892 декабря 20,5
254	Гисбе	1866 июня 15	П. Х. Ф. Петерсъ	70	10,8	1879 августа 22,0
255	Онона	1880 апрѣля 7	Кнорре	28	12,7	1891 ноября 7,0
256	Церея	1801 января 1	Плацин	462	7,4	1866 января 23,0
257	В. Н. Т°	1894 ноября 19	Борелли	21	13,0	1894 ноября 23,5
258	Дифна	1856 мая 22	Гольдшмидтъ	61	10,5	1884 май 17,0
259	Сирона	1871 сентября 8	П. Х. Ф. Петерсъ	73	10,7	1871 сентября 23,0
260	Летяция	1855 февраля 8	Шакорнакъ	116	9,5	1883 января 13,0
261	Гизля	1875 августа 8	Пр. Аури	64	11,0	1875 сентября 1,0
262	Саменция	1888 апрѣля 15	Г. Пализа	40	12,0	1888 апрѣля 16,0
263	Гипсисъ	1899 марта 31	Коджия	59	11,2	1899 мая 30,5
264	Валлада	1892 марта 28	Ольберсъ	243	8,0	1851 ноября 2,0
265	Прма	1877 ноября 5	Павель Аури	33	12,4	1886 октября 24,0
266	Сиря (?)	1892 марта 19	Гольфъ	150	12,6	1893 июня 29,0
267	Ламлетия	1891 ноября 4	Вольфъ	61	11,0	1894 ноября 4,5
268	Грация	1896 декабря 31	Шаруа	27	12,8	1897 февраля 28,0
269	Иприа	1887 мая 27	Шаруа	16	14,0	1891 апрѣля 21,0
270	Холмия	1895 декабря 6	Шаруа	80	12,6	1893 декабря 6,0
271	Антонія	1888 февраля 4	Шаруа	19	13,6	1889 июня 3,5
272	Веллона	1854 марта 1	Р. Лютеръ	97	10,1	1886 февраля 26,0
273	Марта	1879 октября 13	Г. Пализа	28	12,7	1886 февраля 26,0
274	Бургундия	1893 сентября 18	Шаруа	47	11,7	1893 сентября 17,0
275	Бодумсия	1892 марта 22	Шаруа	25	13,0	1892 июня 17,5
276	Пьеретта	1891 августа 28	Шаруа	32	12,5	1893 февраля 9,0
277	Галатея	1862 августа 29	Темпель	45	11,8	1873 января 9,0
278	В. Д. Т°	1891 ноября 30	Шаруа	25	13,0	1891 декабря 3,5
279	Юва	1871 октября 10	Ватсонъ	68	10,9	1885 января 2,0
280	Фю	1891 ноября 27	Борелли	35	12,3	1891 декабря 7,0
281	Лето	1861 апрѣля 29	Р. Лютеръ	82	10,5	1889 декабря 27,0
282	Е. Н.	1900 июня 14	Вольфъ и Швассманъ	33	12,4	1900 июня 4,5
283	Нахатя	1896 февраля 7	Вольфъ	49	11,6	1900 января 0,0
284	Атервигасъ	1891 октября 27	Вольфъ и Швассманъ	49	11,6	1899 октября 30,0
285	Ватикана	1896 мая 4	Шаруа	52	11,5	1901 май 29,5
286	М.	1893 марта 10	Шаруа	26	13	1893 марта 17,5
287	Истрия	1878 февраля 8	Г. Пализа	31	12,6	1888 апрѣля 7,5
288	Клеопатра	1880 апрѣля 10	Г. Пализа	98	10,1	1884 февраля 17,0
289	Дика (?)	1868 мая 28	Борелли	17	14	1868 июня 5,0
290	Терезія	1890 августа 17	Г. Пализа	21	13,5	1893 апрѣля 10,0

Средняя апогелия эпохи	Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восхо- дящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцен- триситета	Среднее су- точное дви- женіе	Время оборота	Большая полуось	№
156 43'	18° 39'	251° 17'	2° 38'	10° 19'	783 <sup>7</sup>	4,53	2,71	224
328 9	221 34	153 47	23 15	7 11	783	4,53	2,74	225
286 29	241 57	82 5	8 50	9 15	783	4, 5	2,74	226
353 6	153 33	128 38	17 58	13 47	785	4,53	2,74	227
184 58	300 24	145 26	3 45	2 20	782	4,53	2,74	228
24 4	164 24	296 31	6 58	8 57	782	4,53	2,74	229
92 31	53 30	0 16	25 8	13 52	781	4,54	2,74	230
31 6	106 39	169 26	4 38	4 29	481	4,54	2,74	231
285 15	225 11	148 35	14 15	11 50	781	4,54	2,71	232
320 17	37 44	27 37	4 43	6 42	779	4,56	2,74	233
267 18	149 8	14 14	9 31	4 40	779	4,56	2,75	234
279 1	300 25	76 33	6 16	7 19	779	4,56	2,75	235
179 3.	290 22	5 10	5 58	4 3	778	4,56	2,75	236
262 22	107 45	182 10	4 20	2 5	778	4,56	2, 5	237
353 57	43 14	379 9	18 42	17 19	778	4,56	2,75	238
294 0	159 33	122 24	6 47	8 14	777	4,57	2,75	239
67 50	89 19	31 45	8 17	3 51	776	4,57	2,75	240
42 15	74 4	350 19	8 17	13 47	776	4,57	2,75	241
48 49	320 42	230 34	3 6	6 32	776	4,57	2,76	242
40 0	135 51	62 30	7 50	7 42	775	4,58	2,76	243
211 7	269 33	5 9	8 36	7 59	775	4,58	2,76	244
278 59	265 23	316 23	23 17	10 0	775	4,58	2,76	245
16 51	0 32	10 58	7 13	8 10	774	4,58	2,76	246
325 4	77 2	121 30	4 20	11 56	774	4,58	2,76	247
335 52	247 42	333 10	11 29	4 9	773	4,59	2,76	248
25 2	66 37	241 45	11 45	10 15	773	4,59	2,76	249
238 21	105 8	26 57	2 51	12 50	773	4,59	2,76	250
282 59	87 46	106 47	13 47	2 27	772	4, 9	2, 6	251
178 40	197 13	84 36	9 47	4 14	772	4, 9	2,76	252
330 43	28 9	99 40	9 13	8 46	772	4, 9	2,77	253
295 16	31 44	277 36	5 14	9 15	771	4, 9	2,77	254
55 44	314 4	25 14	1 43	2 1	771	4, 9	2,77	255
310 35	67 31	80 49	10 36	4 36	771	4, 9	2,77	256
55 25	265 38	68 13	6 16	13 12	771	4, 9	2,77	257
12 41	42 21	178 51	15 55	15 24	771	4, 9	2,77	258
211 45	88 41	64 24	3 35	8 15	771	4, 9	2,77	259
95 20	206 14	157 16	10 21	6 31	770	4, 6	2,77	260
318 42	250 54	145 13	25 21	10 40	770	4, 6	2,77	261
21 3	31 53	134 46	4 41	9 16	769	4, 6	2,77	262
229 23	151 49	196 12	10 14	9 59	769	4, 6	2,77	263
310 35	308 38	172 44	34 38	13 51	769	4, 6	2,77	264
352 12	33 18	349 17	1 27	13 41	769	4, 6	2,77	265
313 25	293 36	32 4	2 53	5 3	768	4, 6	2,77	266
67 32	85 38	215 2	14 52	19 14	768	4, 6	2,77	267
47 5	330 9	99 32	8 12	6 13	767	4, 6	2,77	268
293 33	190 56	74 1	6 1	5 36	767	4, 6	2,77	269
33 28	153 47	233 9	6 59	7 35	767	4, 6	2,78	270
145 48	59 15	37 50	4 28	1 41	766	4, 6	2,78	271
2 10	339 41	141 45	9 22	8 35	766	4, 6	2,78	272
139 40	172 9	212 26	10 40	1 55	766	4, 6	2,78	273
115 14	20 53	219 38	8 59	4 36	766	4, 6	2,78	274
277 52	301 25	355 32	7 9	3 41	766	4, 6	2,78	275
188 2	257 13	7 29	9 5	9 15	766	4, 6	2,78	276
74 57	169 24	197 54	8 59	13 39	765	4, 6	2,78	277
136 44	20 40	259 52	3 32	7 16	765	4, 6	2,78	278
299 55	161 54	2 28	10 57	10 17	765	4, 6	2,78	279
40 17	109 42	254 4	7 57	14 18	765	4, 6	2,78	280
312 51	300 13	44 54	7 58	10 48	764	4, 6	2,78	281
16 25	2 21	229 40	14 28	10 35	762	4, 65	2,79	282
351 8	293 39	128 12	8 6	17 36	762	4, 65	2,79	283
55 8	278 2	42 33	10 39	7 2	761	4, 65	2,79	284
6 13	195 36	58 33	12 56	12 37	761	4, 65	2,79	285
164 43	-	10 27	5 0	-	761	4, 65	2,79	286
118 56	262 11	142 54	26 26	20 26	761	4, 66	2,79	287
95 26	176 22	215 45	13 2	14 29	759	4, 67	2,79	288
350 36	198 52	42 2	13 53	13 48	759	4, 68	2,80	289
138 54	143 37	277 29	2 40	9 40	758	4, 68	2,80	290

№	Планета	Время открытия	Открывшая планету	Разм.	Средняя расстояние	Эпоха			
291	Герментария	1892	ноября 25	Шарлуа	52	11,5	1895	нояб.	19,0
292	Гонима	1884	апрѣля 26	Г. Пализа	51	11,4	1890	августа	20,5
293	Леопард	1893	января 17	Шарлуа	103	10,0	1891	апрѣля	14,5
294	Грифея	1886	декабря 17	Ц. X. Ф. Петерсъ	39	12,1	1895	августа	18,0
295	Урвы	1896	мая 6	Вольфъ	29	12,7	1896	мая	11,5
296	Алина	1887	мая 17	Г. Пализа	48	11,7	1898	декабря	20,0
297	Коддуба *	1893	марта 21	Шарлуа	38	12,2	1895	апрѣля	10,0
298	Пинах	1895	мая 18	Шарлуа	42	12,0	1895	июня	12,5
299	E. D.	1893	декабря 8	Шарлуа	—	12,5	1898	декабря	21,5
300	C. H.	1896	января 7	Шарлуа	44	11,9	1896	января	8,5
301	D. M.	1897	декабря 18	Шарлуа	24	13,2	1898	января	21,5
302	Изматаръ (?)	1894	марта 1	Вольфъ	94	10,3	1897	декабря	25,0
303	Урадъ	1876	августа 28	Ц. X. Ф. Петерсъ	27	13,0	1886	августа	25,0
304	E. D.	1899	декабря 6	Клюеръ	5	16,7	1899	декабря	31,0
305	Терисихора	1864	сентября 30	Темпель	48	11,8	1886	апрѣля	7,0
306	Федра	1877	сентября 2	Ватсонъ	52	11,6	1886	июня	26,5
307	Ида	1884	сентября 29	Г. Пализа	24	13,8	1891	февраля	20,0
308	Кремглава	1884	сентября 22	Г. Пализа	32	12,6	1884	сентября	26,5
309	Шодигиния	1854	октября 28	Шакомякъ	49	11,8	1888	ноября	8,0
310	Бразилъ †	1890	мая 20	Шарлуа	28	12,9	1890	июня	17,5
311	Антигона	1873	февраля 5	Ц. X. Ф. Петерсъ	98	10,3	1873	февраля	14,0
312	Коронасъ	1876	января 4	Клюеръ	37	12,3	1883	июля	12,0
313	E. Q.	1900	октября 22	Вольфъ	—	13,3	1900	ноября	20,0
314	Ненетта	1890	марта 10	Шарлуа	35	12,5	1890	марта	17,0
315	Евдора	1880	августа 30	Коджия	28	13,1	1885	декабря	28,0
316	Евриклонъ	1879	апрѣля 19	Г. Пализа	33	12,6	1896	ноября	20,0
317	Аглая	1857	сентября 15	Р. Лютеръ	65	11,2	1867	декабря	13,0
318	Каролина	1883	ноября 28	Г. Пализа	40	12,2	1886	апрѣля	27,0
319	Аполлонія †	1893	марта 8	Шарлуа	35	12,5	1893	марта	3,5
320	Корнелия	1896	декабря 28	Шарлуа	26	13,1	1897	января	20,5
321	Флорентина	1891	октября 15	Г. Пализа	25	13,2	1891	ноября	7,0
322	Эльвира	1888	мая 8	Шарлуа	26	13,1	1888	мая	6,0
323	Древа	1886	ноября 3	Г. Пализа	24	13,3	1889	мая	1,0
324	D. H.	1897	августа 25	Шарлуа	56	11,5	1897	сентября	30,0
325	Лакриоза	1879	октября 21	Г. Пализа	42	12,1	1887	мая	12,0
326	C. J.	1896	января 7	Шарлуа	35	12,5	1896	января	8,5
327	Клавдия	1891	июля 11	Шарлуа	28	13,0	1891	июля	10,0
328	Колга	1878	сентября 30	Ц. X. Ф. Петерсъ	45	12,0	1882	мая	18,0
329	Сигена †	1894	марта 1	Вольфъ	91	10,5	1894	апрѣля	6,0
330	Никея	1891	марта 5	Шарлуа	27	13,1	1891	марта	8,5
331	Гипатия	1884	июля 1	Клюеръ	51	11,7	1888	мая	26,0
332	C. D.	1895	августа 22	Шарлуа	23	13,5	1895	августа	23,5
333	Каллиопа	1852	ноября 16	Хиндъ	126	9,8	1886	сентября	14,0
334	Силла (?)	1875	ноября 8	Г. Пализа	23	13,5	1875	ноября	8,5
335	Вудроза	1892	сентября 25	Шарлуа	43	12,1	1892	ноября	21,0
336	Виндобова	1882	сентября 10	Г. Пализа	38	12,4	1886	мая	17,0
337	Цесаря	1852	марта 17	де Гаспарьясъ	139	9,6	1860	января	1,0
338	Дембовска	1892	декабря 9	Шарлуа	128	9,8	1895	мая	10,0
339	Фазис	1883	октября 29	Г. Пализа	15	14,4	1888	ноября	2,0
340	Май	1892	ноября 28	Шарлуа	31	12,9	1898	января	20,0
341	Адрастея	1884	августа 18	Г. Пализа	17	14,2	1890	декабря	9,5
342	Клитемнестра	1877	ноября 11	Ватсонъ	60	11,5	1886	июня	26,5
343	D. J.	1897	августа 27	Шарлуа	29	13,1	1897	сентября	2,5
344	C. U.	1896	сентября 3	Вольфъ	—	12,0	1896	сентября	3,5
345	Генерия	1861	апрѣля 29	Скапарелли	38	10,7	1874	декабря	26,0
346	Луна	1875	октября 18	Ватсонъ	58	11,6	1884	мая	25,5
347	Иолия	1860	сентября 9	Голдшмидтъ	77	11,0	1860	сентября	29,0
348	Валентина	1890	октября 27	Вольфъ и Швассманъ	47	12,1	1901	февраля	8,0
349	Юлия	1871	сентября 12	Борелли	64	11,4	1871	сентября	13,0
350	B. X.	1894	декабря 28	Шарлуа	49	12,0	1895	января	22,5
351	I. K.	1900	сентября 21	Вольфъ и Швассманъ	18	14,2	1900	октября	28,5
352	Лейотея	1855	апрѣля 19	Р. Лютеръ	53	12,2	1886	марта	26,0
353	Вильгельмина (?)	1894	ноября 4	Вольфъ	45	12,2	1894	ноября	4,5
354	Вальбургя	1886	апрѣля 8	Г. Пализа	28	13,2	1892	июля	4,0
355	Харибда †	1894	марта 6	Шарлуа	56	11,7	1894	марта	12,5
356	N †	1893	марта 11	Шарлуа	51	11,9	1893	марта	13,5
357	Пептезия	1887	октября 13	Клюеръ	34	12,8	1897	сентября	16,0

Средняя амплитуда ветров	Разстояние ветрильной отри ветра	Целота вхо- димо ветра	Наклонвет.	Угол ветра в тристаго	Среднее су- точное чис- ло дней	Продол- жительность	Воздух статус	№
229 21	287 4	92 26	8 45	5 52	758	4,68	2,80	291
341 12	170 30	186 41	7 37	10 35	758	4,68	2,80	292
81 5	5 21	140 34	18 22	6 31	758	4,68	2,80	293
317 0	33 41	50 4	10 27	7 45	758	4,68	2,80	294
30 49	344 23	200 1	6 35	7 41	757	4,69	2,80	295
59 10	148 6	286 26	18 22	9 10	756	4,70	2,81	296
142 43	208 31	184 45	12 43	8 13	755	4,70	2,81	297
102 3	247 46	245 45	9 8	5 37	752	4,72	2,81	298
339 43	204 6	254 11	8 8	5 4	751	4,72	2,81	299
245 34	143 53	96 25	9 33	12 30	746	4,75	2,83	300
15 12	174 57	249 50	14 33	14 06	743	4,78	2,83	301
289 41	185 7	345 45	13 41	7 28	740	4,81	2,85	302
59 15	128 25	166 20	2 11	1 53	736	4,82	2,85	303
296 12	46 40	92 45	3 13	1 13	733	4,82	2,85	304
137 41	46 35	2 25	7 55	12 0	731	4,82	2,85	305
11 16	284 33	328 53	12 8	8 5	729	4,84	2,86	306
71 29	108 19	326 2	1 9	2 35	722	4,84	2,86	307
276 58	275 4	207 55	11 17	7 0	722	4,84	2,86	308
31 49	334 13	9 12	1 55	19 29	720	4,85	2,87	309
92 29	82 22	62 13	15 45	6 48	720	4,85	2,87	310
281 39	102 30	138 0	12 11	11 58	728	4,85	2,87	311
239 55	157 42	281 10	1 0	3 1	728	4,86	2,87	312
32 16	251 10	105 44	3 10	4 53	728	4,86	2,87	313
128 38	186 11	182 32	6 39	11 48	728	4,87	2,87	314
149 51	150 29	164 2	10 16	17 0	728	4,87	2,87	315
289 6	118 7	7 44	7 0	2 2	727	4,88	2,88	316
69 8	309 3	4 11	5 1	7 13	727	4,88	2,88	317
320 24	202 46	66 33	9 4	3 17	724	4,89	2,88	318
86 53	248 19	172 54	3 32	8 26	723	4,89	2,88	319
295 6	118 48	61 37	4 4	3 27	724	4,89	2,88	320
328 59	29 39	40 36	2 37	2 31	724	4,90	2,88	321
216 29	128 55	233 36	1 8	5 11	723	4,90	2,88	322
204 18	155 34	217 55	1 17	4 36	723	4,90	2,88	323
172 11	221 46	311 58	19 38	5 34	723	4,91	2,89	324
98 28	124 58	5 27	1 47	6 53	721	4,92	2,89	325
158 43	194 6	108 8	19 26	10 37	721	4,92	2,89	326
129 50	54 16	81 12	3 16	6 59	721	4,92	2,89	327
244 47	2 16	159 48	11 29	4 56	720	4,93	2,90	328
139 42	216 31	167 14	20 17	9 47	720	4,93	2,90	329
74 35	320 15	101 39	6 7	8 23	716	4,95	2,91	330
226 33	204 41	184 32	12 22	4 57	714	4,96	2,91	331
350 2	33 32	317 16	4 13	10 31	714	4,96	2,91	332
303 12	351 41	66 40	13 44	5 36	714	4,97	2,91	333
339 5	39 9	43 4	14 4	14 49	714	4,97	2,91	334
342 39	112 17	288 34	6 2	1 21	712	4,98	2,91	335
348 14	2 25	352 51	5 10	8 40	710	4,99	2,92	336
333 44	222 39	150 34	3 4	7 44	710	4,99	2,92	337
229 6	340 37	33 3	8 17	5 10	709	4,99	2,92	338
312 22	82 43	11 17	7 28	6 25	704	5,0	2,95	339
344 56	4 16	90 33	9 45	3 51	704	5,0	2,95	340
45 25	205 9	181 32	6 8	13 7	692	5,13	2,97	341
299 40	102 27	253 13	7 47	6 30	692	5,13	2,97	342
26 1	5 56	298 46	5 8	6 53	692	5,13	2,97	343
		243 53	5 52		692	5,13	2,97	344
266 25	281 13	187 13	8 28	9 47	690	5,14	2,98	345
261 13	147 42	207 45	2 8	7 30	690	5,15	2,98	346
4 35	7 11	334 17	18 17	9 29	689	5,15	2,98	347
86 59	318 58	72 21	4 49	2 36	687	5,16	2,99	348
309 4	58 58	349 30	14 57	1 19	686	5,17	2,99	349
187 25		284 14	20 10		685	5,18	2,99	350
337 54	272 45	135 56	12 37	14 11	685	5,18	2,99	351
341 10	205 42	355 48	8 12	13 1	685	5,18	2,99	352
42 10	134 52	212 8	16 12	11 12	683	5,19	3,00	353
41 47	40 58	183 46	18 18	3 43	683	5,19	3,00	354
199 38	328 41	355 24	6 31	3 42	682	5,19	3,00	355
92 54	234 3	138 43	11 38	9 44	682	5,20	3,00	356
321 43	30 31	337 6	3 35	5 58	681	5,20	3,00	357

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывший планеты	Радиус	Средняя величина	Э по х а
				км.		
358	D.	1893 января	12 Вольфъ	—	12,5	1893 января 19,5
359	Доротея †	1892 сентября	25 Вольфъ	35	12,3	1892 октября 1,5
360	Лаврентия (?)	1891 октября	11 Г. Пализа	18	14,2	1891 декабря 2,5
361	Бригитта.	1899 октября	10 Вольфъ и Швассманъ.	46	12,2	1899 ноября 9,5
362	Эоса.	1882 января	18 Г. Пализа	68	11,3	1898 марта 15,0
363	Лаврентия	1876 апрѣля	21 Пр. Анри	44	12,3	1889 декабря 7,0
364	Эвридика.	1892 апрѣля	1 Шарлуа	40	12,5	1892 мая 5,0
365	D. Y.	1898 ноября	13 Вольфъ и Виллергеръ.	—	13,5	1898 ноября 13,5
366	Ксантиппа (?)	1875 ноября	22 Г. Пализа	53	11,9	1875 ноября 27,5
367	Филагрия	1888 апрѣля	3 Г. Пализа	24	13,6	1893 марта 21,0
368	Нюльда	1879 декабря	10 Г. Пализа	64	11,5	1875 ноября 26,0
369	Зима	1889 февраля	8 Шарлуа	56	11,8	1889 февраля 9,0
370	Германя.	1884 сентября	12 Р. Лютеръ	73	11,2	1884 августа 15,0
371	Персефона †	1890 февраля	23 Вольфъ	32	13,0	1890 марта 1,5
372	A B.	1893 май	19 Шарлуа	26	13,5	1893 юля 17,5
373	Эгле	1868 февраля	17 Козма	68	11,4	1873 марта 6,0
374	Дютима	1896 декабря	7 Шарлуа	74	11,2	1896 декабря 8,5
375	Панденция	1899 декабря	4 Шарлуа	94	10,7	1900 января 0,0
376	Цирена	1873 августа	16 Ватсонъ	71	11,3	1893 марта 21,0
377	Регина †	1889 августа	3 Шарлуа	14	14,9	1889 августа 19,5
378	Аргуса	1867 ноября	23 Р. Лютеръ	71	11,3	1874 февраля 9,0
379	Хризисъ	1879 сентября	11 Ц. X. Ф. Петерсъ	95	10,7	1885 декабря 8,0
380	Гордония	1891 февраля	13 Шарлуа	42	12,5	1891 мая 28,5
381	Геката.	1868 юля	11 Ватсонъ	55	11,9	1874 декабря 26,0
382	Роза.	1882 марта	9 Г. Пализа	28	13,3	1891 декабря 17,0
383	Адоня	1887 юня	9 Борелли	42	12,5	1889 октября 28,0
384	Аллегеня	1900 сентября	16 Вольфъ и Швассманъ.	11	15,5	1900 октября 28,5
385	Европа	1858 февраля	4 Гольдшмидтъ	117	10,3	1858 января 8,0
386	Вера.	1886 февраля	6 Шогонъ	42	12,5	1887 сентября 19,0
387	Семело.	1866 января	4 Татъень	44	12,4	1896 май 4,0
388	София	1885 октября	4 Г. Пализа	25	13,6	1890 августа 24,0
389	Палессъ	1867 сентября	19 Гольдшмидтъ	83	11,0	1863 ноября 14,0
390	Гудрунь (?)	1892 марта	18 Вольфъ	47	12,3	1892 марта 22,5
391	Эмелия	1875 января	26 Павель Анри	46	12,3	1885 сентября 19,0
392	Медея	1880 февраля	6 Г. Пализа	49	12,2	1885 января 22,0
393	Электра	1876 февраля	17 Ц. X. Ф. Петерсъ	101	10,6	1876 января 30,0
394	Сивелия	1886 апрѣля	5 Г. Пализа	37	12,8	1898 юня 3,0
395	Фломела.	1879 май	14 Ц. X. Ф. Петерсъ	119	10,3	1884 февраля 17,0
396	Дорисъ.	1857 сентября	19 Гольдшмидтъ	88	10,9	1862 юля 25,0
397	Мелибея	1874 апрѣля	21 Г. Пализа	59	11,8	1887 ноября 28,0
398	D. E.	1896 декабря	31 Шарлуа	—	13,0	1897 января 12,5
399	Лакзисъ	1872 апрѣля	10 Борелли	63	11,7	1884 юля 6,0
400	Баденя	1892 августа	22 Вольфъ	39	12,7	1892 сентября 22,0
401	Медузина	1863 сентября	15 Шарлуа	37	12,8	1893 октября 27,0
402	Адельхейдъ.	1888 апрѣля	17 Г. Пализа	78	11,2	1888 юня 3,5
403	Додона	1894 января	29 Шарлуа	51	12,1	1894 марта 28,5
404	Эвхарисъ	1878 февраля	2 Коттено	69	11,5	1881 августа 31,0
405	Жозефина	1891 февраля	12 Милоевичъ	57	11,9	1895 декабря 16,0
406	Олимпента	1892 декабря	14 Шарлуа	39	12,7	1892 декабря 11,0
407	Фрэдъ	1890 сентября	14 Фюрстеръ и Лессеръ	47	12,3	1874 декабря 26,0
408	D. A.	1897 декабря	18 Шарлуа	41	12,6	1898 января 18,5
409	A. C.	1891 января	29 Шарлуа	29	13,3	1894 февраля 24,0
410	B. U.	1890 марта	15 Шарлуа	18	14,5	1895 марта 18,5
411	Гуеня	1894 января	8 Шарлуа	41	12,5	1894 января 15,0
412	Линя	1882 февраля	9 Г. Пализа	35	12,9	1888 апрѣля 16,0
413	Лордей	1876 августа	9 Ц. X. Ф. Петерсъ	83	11,1	1885 апрѣля 7,0
414	Урсула.	1893 сентября	18 Шарлуа	87	11,0	1896 марта 5,0
415	Охю	1898 октября	13 Ковингтонъ	39	12,7	1900 января 0,0
416	Фемидя	1863 апрѣля	5 де Гаспарисъ	97	10,8	1853 май 5,0
417	Гангея	1819 апрѣля	12 де Гаспарисъ	173	9,5	1874 декабря 26,0
418	Протогеня	1875 юля	10 Шульцефъ	43	12,5	1881 января 28,0
419	Философия	1882 августа	12 Павель Анри	36	12,9	1886 февраля 16,0
420	Фелиция	1890 юля	15 Шарлуа	19	14,3	1891 декабря 17,0
421	Атала	1875 ноября	2 Павель Анри	49	12,2	1880 сентября 25,0
422	Вивитина	1893 марта	21 Шарлуа	48	12,3	1900 августа 12,5
423	Налъма	1893 августа	19 Шарлуа	110	10,5	1893 августа 8,0
424	Дидона	1890 октября	22 Ц. X. Ф. Петерсъ	70	11,5	1896 ноября 20,0



Средняя аномалия эпихи	Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восста- вляющаго узла	Наклонность	Уголъ эксцен- триситета	Среднее су- точное дви- жение	Время сворота	Большая полуось	№
—	—	133° 21'	11° 45'	—	681"	5,10	3,00	358
26° 43'	158° 45'	174 24	9 54	5° 10'	678	5,23	3,01	359
23 36	142 55	221 4	9 19	6 42	678	5,25	3,01	360
19 18	358 30	15 30	10 23	5 22	678	5,25	3,01	361
201 46	188 0	142 37	10 51	6 35	677	5,23	3,01	362
265 25	106 51	38 6	6 5	10 30	677	5,24	3,02	363
227 35	332 48	23 4	6 4	5 30	674	5,27	3,03	364
—	—	216 46	3 16	—	673	5,28	3,03	365
286 32	269 45	246 33	7 29	15 17	670	5,29	3,04	366
323 25	116 28	93 39	3 41	7 10	669	5,30	3,04	367
1 10	170 48	265 19	3 52	9 16	669	5,31	3,04	368
135 20	51 32	305 44	8 3	8 14	668	5,31	3,04	369
10 25	69 17	272 22	5 30	5 52	666	5,33	3,05	370
353 53	180 49	347 23	13 8	3 51	665	5,34	3,05	371
317 19	85 7	229 59	7 48	11 8	664	5,34	3,05	372
327 4	200 20	322 58	16 7	8 5	664	5,34	3,06	373
144 40	199 14	70 20	11 14	2 18	663	5,35	3,06	374
9 31	334 51	89 56	15 14	4 39	663	5,35	3,06	375
315 13	284 44	321 9	7 14	8 5	663	5,35	3,06	376
357 36	12 29	312 10	17 17	11 56	661	5,36	3,06	377
78 39	146 15	244 21	12 51	8 24	659	5,38	3,07	378
286 16	353 27	137 55	8 48	5 30	658	5,38	3,07	379
47 52	251 41	210 59	4 25	11 25	653	5,43	3,09	380
65 21	179 33	128 12	6 23	9 26	653	5,43	3,09	381
353 23	58 25	48 35	1 59	6 57	653	5,43	3,09	382
220 51	60 22	121 41	2 25	7 55	653	5,43	3,09	383
351 1	129 9	250 33	12 53	10 20	652	5,43	3,09	384
134 55	334 17	129 47	7 25	5 18	650	5,44	3,10	385
234 26	325 11	62 12	5 11	11 21	650	5,45	3,10	386
203 38	300 25	87 55	4 48	12 17	650	5,45	3,10	387
255 5	233 16	157 4	10 29	5 30	650	5,45	3,10	388
20 1	101 43	290 29	3 9	13 43	650	5,45	3,10	389
68 47	102 54	353 14	16 8	6 54	647	5,48	3,11	390
248 58	326 13	135 9	6 4	5 55	647	5,48	3,11	391
45 42	100 28	315 27	4 18	6 7	645	5,49	3,11	392
299 29	234 33	146 1	22 55	12 2	645	5,50	3,11	393
214 42	26 0	35 26	3 40	7 17	645	5,50	3,11	394
203 6	232 25	73 21	7 16	0 38	645	5,50	3,11	395
235 11	249 15	185 3	6 29	4 24	645	5,50	3,11	396
84 6	105 56	203 42	13 21	12 23	645	5,50	3,11	397
—	—	295 24	9 31	—	645	5,50	3,11	398
47 33	239 32	312 42	6 59	3 4	644	5,50	3,12	399
339 58	16 28	355 18	3 51	10 7	644	5,51	3,12	400
10 6	348 34	4 36	15 27	8 7	644	5,51	3,12	401
92 13	266 56	211 39	21 53	4 41	644	5,51	3,12	402
295 26	261 59	315 47	7 26	9 56	644	5,51	3,12	403
264 39	310 51	144 46	18 35	12 44	644	5,51	3,12	404
33 30	74 2	345 19	6 55	3 43	643	5,51	3,12	405
9 40	330 6	90 34	24 49	9 12	643	5,51	3,12	406
180 40	272 45	125 43	2 12	9 59	642	5,52	3,12	407
97 30	209 21	117 7	1 49	9 43	642	5,52	3,12	408
67 1	314 27	93 26	2 40	10 26	642	5,52	3,12	409
337 44	229 27	328 41	10 37	5 16	642	5,53	3,13	410
98 57	177 57	172 45	1 37	11 3	641	5,53	3,13	411
309 38	177 28	80 17	2 11	8 29	641	5,53	3,13	412
302 57	335 16	304 7	11 11	4 2	640	5,54	3,13	413
193 43	344 11	337 20	15 57	5 35	640	5,54	3,13	414
30 58	231 9	202 28	19 7	4 12	640	5,54	3,13	415
37 46	98 26	35 47	0 49	7 2	638	5,54	3,13	416
174 56	312 41	285 19	3 48	6 18	637	5,55	3,14	417
103 15	135 35	251 12	1 54	1 40	637	5,55	3,14	418
302 53	255 7	330 59	9 15	12 10	637	5,56	3,14	419
87 9	180 10	136 54	6 15	14 29	637	5,56	3,14	420
282 8	41 49	41 23	12 12	4 55	637	5,57	3,14	421
8 42	314 5	347 52	10 35	3 30	637	5,57	3,14	422
265 21	113 59	328 22	23 41	15 41	637	5,58	3,14	423
151 37	249 48	2 0	7 14	3 46	637	5,58	3,14	424

№	П л а н е т а	Время открытия	Открывшій планету	Радиус	Средняя п. л. велич.	Д и о х а
415	Наталли	1899 октября 27	Вольф и Швассманъ.	25	13,7	1899 ноября 29,5
420	Офелия	1877 января 13	Брелли	52	12,1	1886 октября 24,0
421	Розалла	1891 сентября 1	Шарлуа	22	14,0	1891 декабря 3,5
428	Миселюнова	1859 сентября 22	Р. Лютеръ	101	10,7	1866 декабря 8,0
429	Аттерга	1886 июня 28	Ц. X. Ф. Петерсъ	52	12,1	1880 декабря 12,0
430	Диффрозина	1851 сентября 1	Фергюсонъ	88	11,0	1867 января 0,0
431	Беттица	1885 сентября 3	Г. Пализа	65	11,7	1894 апрѣля 5,0
432	Л (1)	1893 февраля 11	Шарлуа	50	12,2	1893 февраля 15,5
433	Климена	1868 сентября 13	Ватсонъ	50	12,2	1885 февраля 29,0
434	Автопа	1866 октября 1	Р. Лютеръ	68	11,6	1870 января 0,0
435	Клементина	1885 октябри 11	Перротешъ	35	13,0	1885 декабря 28,0
436	Дирора	1867 сентября 6	Ватсонъ	77	11,3	1883 июля 12,0
437	Лина	1868 октябри 10	Ватсонъ	77	11,3	1888 мая 6,0
438	Сенциля	1890 сентлбря 9	Шарлуа	30	13,3	1890 октября 3,0
439	Бидансъ	1879 июля 9	Ц. X. Ф. Петерсъ	46	12,4	1884 апрѣля 17,0
440	Гоберта †	1891 сентлбря 8	Шарлуа	10	13,3	1891 декабря 28,5
441	Фама	1895 октябри 13	Вольфъ	29	13,1	1895 октября 15,5
442	Ирина	1877 октябри 14	Ц. X. Ф. Петерсъ	54	12,1	1877 ноября 20,0
443	Л. Р.	1900 октябри 22	Вольфъ	—	13,3	1900 октября 22,5
444	Элла	1899 октябри 2	Корддингтонъ	34	13,1	1900 января 0,0
445	Униана	1867 июля 7	Ц. X. Ф. Петерсъ	95	10,9	1889 августа 29,0
446	Дейонея	1878 февраля 28	Г. Пализа	17	12,4	1884 марта 28,0
447	Патриция	1898 сентября 13	Вольфъ и Швассманъ.	47	12,4	1898 сентлбря 20,5
448	Иклевя	1889 августа 3	Г. Пализа	32	13,2	1889 августа 29,0
449	Берта	1875 ноябри 4	Пр. Аври	51	12,2	1878 апрѣля 9,0
450	Мира	1894 января 10	Шарлуа	48	12,1	1894 февраля 24,0
451	Магдалина	1891 сентября 24	Шарлуа	32	13,2	1891 ноябри 7,0
452	Гекуба	1869 апрѣля 2	Р. Лютеръ	67	11,7	1878 ноября 17,0
453	Геральдина	1890 октябри 3	Шарлуа	24	13,9	1890 октябри 4,0
454	Гейдельберга	1892 марта 4	Вольфъ	18	12,4	1892 апрѣля 15,0
455	Герда	1872 июля 31	Ц. X. Ф. Петерсъ	74	11,5	1884 сентлбря 24,0
456	Андромаха	1877 октябри 1	Ватсонъ	51	12,3	1877 октябри 11,0
457	Д. X.	1898 ноябри 6	Вольфъ и Виллигеръ	—	—	1893 ноябри 19,5
458	Оттави	1895 марта 16	Вольфъ	48	12,6	1895 апрѣля 20,0
459	Сибилла	1876 сентлбря 28	Ватсонъ	78	11,6	1881 юни 12,0
460	Генриетта	1882 апрѣля 19	Г. Пализа	48	12,7	1890 октябри 23,5
461	Леона	1891 октябри 8	Шарлуа	24	14,2	1891 ноябри 7,0
462	Аленинда	1882 августа 22	Г. Пализа	34	13,5	1897 мая 12,0
463	Фрэнсис	1862 октябри 21	Д'Арре	67	12,0	1897 сентлбря 29,0
464	Бертольда	1896 сентлбря 3	Вольфъ	59	12,3	1896 сентлбря 1,0
465	Цибелла	1861 марта 8	Темпель	108	11,0	1886 февраля 26,5
466	Губерта	1886 октябри 3	Г. Пализа	28	13,9	1889 февраля 10,0
467	Гермина	1872 мая 12	Ватсонъ	105	11,2	1878 апрѣля 29,0
468	Х.	1893 апрѣля 14	Вольфъ	—	13,0	1893 апрѣля 17,5
469	Сильвия	1866 мая 16	Погсонъ	74	11,9	1866 мая 2,0
470	Камилла	1868 ноябри 17	Погсонъ	102	11,2	1868 декабря 17,0
471	С. N.	1896 января 16	Шарлуа	37	13,4	1896 февраля 14,0
472	Е. А.	1898 ноябри 19	Вольфъ и Швассманъ.	19	13,0	1898 ноябри 13,5
473	Чикаго	1892 августа 23	Вольфъ	94	12,0	1897 марта 11,5
474	Исмена	1878 сентлбря 22	Ц. X. Ф. Петерсъ	94	12,0	1887 декабря 18,0
475	Виконя †	1893 марта 11	Шарлуа	33	13,3	1893 марта 12,5
476	Гильда	1875 ноябри 2	Г. Пализа	73	12,6	1883 декабря 19,0
477	Х.	1893 марта 18	Вольфъ	—	13,0	1893 марта 21,5
478	Луле	1888 октябри 25	Г. Пализа	50	13,8	1891 февраля 20,0

Примѣчаніе. Для средняго суточнаго движенія, времени оборота и большой полуоси величинахъ, не имѣютъ никакого значенія для тѣхъ лунъ, для которыхъ

Средняя широта звезды	Растояние перехода отъ угла	Длина дуги		Наклонность	Угол экватор трисекста	Среднее су- точное дви- жение	Время оборота	Возраст периода	№
		дуга	угла						
47° 48'	292° 17'	38° 44'	12° 42'	9° 54'	630*	5,58	3,14	425	
236 52	43 26	101 16	2 34	6 41	636	5,58	3,14	426	
17 18	185 26	171 22	12 34	10 49	636	5,58	3,15	427	
59 34	213 49	200 6	15 10	6 16	635	5,58	3,15	428	
179 57	152 35	88 33	10 43	6 43	635	5,58	3,15	429	
11 9	62 10	31 29	26 27	12 44	634	5,58	3,15	430	
100 18	65 32	25 31	12 36	7 4	634	5,60	3,15	431	
138 27	231 52	138 16	14 6	1 31	633	5,61	3,16	432	
338 30	16 37	43 34	2 54	9 1	633	5,61	3,16	433	
235 49	230 43	71 27	2 17	9 51	633	5,61	3,16	434	
35 27	151 40	203 23	10 1	4 47	633	5,61	3,16	435	
256 3	45 23	4 25	8 4	4 14	631	5,63	3,16	436	
165 23	322 47	63 19	4 38	10 7	630	5,65	3,17	437	
17 13	347 42	333 31	7 35	8 18	630	5,65	3,17	438	
3 9 27	171 32	89 53	15 23	9 44	629	5,65	3,17	439	
307 43	301 6	124 34	2 19	8 5	626	5,69	3,17	440	
334 29	100 37	209 29	9 6	7 55	626	5,69	3,17	441	
5 36	179 19	201 11	22 31	9 26	622	5,68	3,18	442	
310 1	301 28	156 34	1 22	11 34	622	5,68	3,18	443	
19 2	77 38	293 23	21 24	11 58	622	5,68	3,18	444	
306 2	223 29	102 51	9 36	5 48	622	5,69	3,19	445	
18 34	194 36	335 36	1 12	5 54	622	5,70	3,19	446	
342 35	26 41	352 1	18 38	4 42	622	5,70	3,19	447	
326 41	214 40	149 37	17 55	0 50	622	5,70	3,19	448	
15 55	146 44	37 40	20 59	4 50	622	5,70	3,19	449	
227 3	145 7	125 21	12 35	7 0	619	5,71	3,20	450	
271 1	272 59	162 58	10 33	4 17	617	5,71	3,20	451	
234 20	179 49	352 18	4 24	5 34	617	5,74	3,21	452	
38 4	283 4	42 13	0 47	2 33	617	5,75	3,21	453	
100 6	72 5	345 31	8 36	8 43	614	5,77	3,22	454	
153 15	21 38	178 52	1 36	2 29	614	5,77	3,22	455	
32 5	298 31	25 36	3 12	12 9	614	5,77	3,22	456	
—	—	227 4	22 27	—	589	5,94	3,25	457	
324 32	181 20	39 8	6 6	2 19	584	6,02	3,23	458	
268 53	161 13	209 47	4 32	4 4	572	6,20	3,27	459	
58 10	98 19	200 41	20 42	15 19	568	6,25	3,29	460	
342 43	218 12	189 5	10 44	12 46	564	6,26	3,29	461	
268 0	302 4	80 52	2 10	8 47	563	6,30	3,41	462	
301 39	238 37	212 12	2 3	9 43	562	6,32	3,42	463	
259 35	202 0	246 59	6 40	2 30	562	6,32	3,42	464	
269 7	100 59	158 54	3 29	6 6	558	6,36	3,43	465	
150 25	160 54	108 46	6 16	6 19	552	6,41	3,45	466	
228 22	233 50	77 0	7 35	7 5	542	6,41	3,45	467	
—	—	124 24	0 18	—	500	6,45	3,46	468	
269 8	263 24	76 22	10 56	4 28	545	6,49	3,48	469	
296 48	298 17	176 15	9 54	4 36	543	6,42	3,49	470	
63 17	301 43	113 29	9 39	5 19	538	6,59	3,52	471	
—	—	227 33	27 24	—	509	6,97	3,65	472	
185 11	234 37	134 18	4 38	0 30	460	7,77	3,92	473	
350 17	289 22	177 5	6 7	9 20	453	7,85	3,95	474	
53 57	75 47	19 32	12 37	11 33	442	7,88	3,96	475	
113 54	57 59	228 20	7 53	9 44	422	7,88	3,96	476	
—	—	72 18	1 34	—	422	8,39	4,12	477	
155 37	233 18	75 26	2 23	4 43	403	8,80	4,26	478	

здесь даны лишь приблизительныя величины; но небольшія ошибки, могутъ встрѣтиться въ этихъ предназначена настоящая кванта. \*

## Списокъ вычисленныхъ кометъ.

Въ приведенномъ ниже списокѣ вычисленныхъ кометъ звездочка, стоящая рядомъ съ текущими номеромъ, означаетъ, что въ слѣдующихъ за спискомъ примѣчаніяхъ находится или другія свѣдѣнія о данной кометѣ.

Въ этомъ списокѣ, по обычаю астрономовъ, кометы разнумерованы и расположены по времени ихъ прохождения черезъ перигелий, а не по времени ихъ открытія. При этомъ, между прочимъ, сдѣланъ опять охарактеризовать каждую комету. Такъ, если во второй колонкѣ рядомъ съ номеромъ стоитъ звездочка (\*), то это значить, что комета была открыта невооруженнымъ глазомъ; если, кромѣ того, во время своего наибольшаго блеска, комета достигла необыкновеннаго развитія, или, какъ говорили прежде, была страшной величины, то такая комета обозначена 2 звездочками (\*\*). Если же комета была открыта посредствомъ телескопа, во во время всего періода ея видимости могла быть наблюдаема также невооруженнымъ глазомъ, то она обозначена крестикомъ (†); кометы, найденныя въ телескопъ и потомъ сильно развѣтшіяся, означены крестикомъ и звездочкой (†\*), наконецъ, если комета во все время своей видимости могла быть наблюдаема только въ телескопъ, то къ соответственному номеру ничего не прибавлено. При такой классификаціи, конечно, великъ нѣкоторый произволъ, и трудно достигъ полной точности. Такъ, въ вопросѣ можно ли причесть ту или другую комету къ блестящимъ явленіямъ, мнѣніе часто сильно раздѣляется, въ особенности при описаніяхъ, относящихся къ древнимъ временамъ; часто не менѣе трудно бываетъ рѣшить вопросъ, была ли комета видна невооруженнымъ глазомъ, или нѣтъ. Для многихъ кометъ въ этомъ отношеніи встрѣчаются противорѣчивыя утвержденія, и это легко объясняется тѣмъ, что наблюдатель, обладавшій особенно острымъ зрѣніемъ, легко могъ замѣтить комету и невооруженнымъ глазомъ, въ особенности когда онъ точно знаетъ ея мѣсто, тогда какъ вообще она была невидима безъ телескопа. Несмотря на подобныя неточности, упомянутыя выше данныя о кометахъ вообще представляютъ весьма большой интересъ.

Наклонность орбиты, слѣдую Гауссу, мы считаемъ отъ 0° до 180°. Въ прежнія времена наклонности считали только отъ 0° до 90°, но зато различали у кометъ прямое и обратное движенія (часть II, § 134). Если буквами  $\delta$ ,  $\omega$ ,  $i$ , назовемъ долготу восходящаго узла, разстояніе перигелия отъ узла и наклонность орбиты какой-нибудь кометы, обладающей обратнымъ движеніемъ, по старому способу обозначенія, а буквами  $\Omega$ ,  $\omega'$  и  $i'$  тѣ же величины по новому способу обозначенія, то слѣдующія простыя соотношенія будутъ связывать одні величины съ другими:

$$\begin{aligned} \delta' &= \delta, & \zeta &= \zeta', \\ \omega &= 360 - \omega, & \omega &= 360 - \omega', \\ i &= 180 - i, & i &= 180 - i'. \end{aligned}$$

Разстояніе перигелия отъ солнца въ нижеслѣдующихъ таблицахъ дано въ частяхъ большой полуоси земной орбиты.

У тѣхъ кометъ, движеніе которыхъ достаточно хорошо представляется параболическими элементами, столбцы, озаглавленные «эксцентриситетъ», «большая полуось» и «время оборота», остались не заполненными. Эксцентриситеты меньше единицы принадлежатъ эллиптическимъ орбитамъ, больше единицы гиперболическимъ.

Начиная съ кометы 1742 года, въ нижеслѣдующей таблицѣ дается также день открытія кометы, потому что для многихъ изысканій, а также и для сужденія о надежности выведенныхъ изъ наблюдений элементовъ, важно знать, наблюдалась ли комета въ какой-нибудь одной части орбиты, а именно до прохожденія черезъ перигелій или послѣ прохожденія, или же на обѣихъ этихъ вѣтвяхъ. Для древнихъ кометъ промежутковъ времени, въ теченіе котораго производились наблюденія надъ кометой, обыкновенно бывала гораздо короче того промежутка, въ теченіе котораго она вообще была видима; кромѣ того, часто еще далеко не все эти наблюденія пригодны къ опредѣленію орбиты; поэтому указывать день открытія такихъ кометъ было бы безцѣльно. Все только-что сказанное въ некоторой степени можетъ быть отнесено также къ значительному числу позднѣйшихъ кометъ, а именно до конца XVIII столѣтія.

Объ астрономѣ, открывшемъ комету, которая готчасъ послѣ открытія дѣлается доступной для невооруженнаго глаза, благодаря своей необыкновенной яркости, въ сущности вѣтъ надобности и говорить; поэтому въ такихъ случаяхъ имя ея и не упоминается. Если же, напротивъ того, комета, видимая во время ея открытія невооруженнымъ глазомъ, все же была такъ слаба, что требовалось внимательное изученіе неба для отысканія ея, то тотъ астрономъ, который первый далъ извѣстіе объ кометѣ, считается открывшимъ ее; кромѣ того, имя открывшаго заключено въ скобки въ тѣхъ случаяхъ, когда повѣстно никакихъ подробностей о видимой величинѣ кометы во время ея открытія. Впрочемъ, многи кометы были открыты нѣсколькими астрономами и любителями астрономіи въ теченіе короткаго времени и притомъ независимо другъ отъ друга. Въ такомъ случаѣ указывается имя астронома, который первый во времени открылъ комету, если только эти открытія не были сдѣланы въ разныхъ мѣстахъ въ одну и ту же ночь.

Орбиты всѣхъ кометъ, появившихся до конца XV столѣтія, за весьма немногими исключеніями, настолько неточны, что имъ почти совершенно нельзя довѣрять; это, между прочимъ, вытекаетъ изъ того, что ихъ немногочисленные наблюденія нѣрѣдко могутъ быть представляемы нѣсколькими совершенно различными системами элементовъ (см., напр., прилѣжанія къ №№ 4, 5, 6, 14 и 15). Нѣкоторыя кометныя орбиты, какъ, напр., орбиты кометъ 565, 1006, 1299, 1351, 1362 и 1746 годовъ, не могутъ дать даже приближительнаго понятія объ истинномъ движеніи этихъ кометъ; поэтому въ нижеслѣдующемъ спискѣ онѣ вовсе не приведены. Тѣмъ же недостаткомъ страдаютъ, вѣроятно, многи орбиты позднѣйшихъ кометъ; однако, недостоверность этихъ орбитъ не можетъ быть доказана безъ особыхъ подробныхъ изысканій; поэтому такія орбиты помѣщены въ таблицѣ. Къ числу такихъ орбитъ относятся, между прочимъ, орбиты кометъ 1402 (№ 25), 1668 (№ 53), 1780 II (№ 100), 1826 III (№ 157) и т. д.

Наконецъ, необходимо упомянуть, что для тѣхъ кометъ, для которыхъ было сдѣлано нѣсколько опредѣленій орбиты, были выбраны элементы, оказавшіеся, послѣ тщательнаго изслѣдованія, наиболѣе достоверными.

Еще намъ остается прибавить нѣсколько словъ о периодическихъ кометахъ. Для периодическихъ кометъ, наблюдавшихся уже много разъ во время ихъ прохожденія черезъ перигелій, элементы даны только при первомъ ихъ достоверномъ появленіи; позднѣйшія же появленія лишь помѣчены внизу соответствующей страницы. Но, кромѣ этого, ниже въ особыхъ таблицахъ дано сопоставленіе всѣхъ периодическихъ кометъ съ подробными замѣчаніями относительно каждой изъ нихъ.

## С п и с о к ъ в ы ч и с

№	Прохождение через перигелий		Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восхо- дящаго узла	Наклон- ность	Расстояние перигелия отъ солнца	Продолжи- тельность выдажности въ дняхъ	Вычислитель	
	годъ	среднее парижское время							
	до Р. Хр.	Старый стиль							
1*	372**	зима	120° —	270°—330°	мень- ше	150°	очень малое.	?	Пингре.
2*	137**	апрѣль 29	350 —	220	160	—	1,010	83(?)	Пирсъ.
3*	69*	юль	150 —	165 —	70 —	—	0,79	35(?)	Пирсъ
4*	12**	октябрь 8,80	108 —	28 —	170 —	—	0,58	63(?)	Хиндъ.
	послѣ Р. Хр								
5	66*	январь 14,2	67 40'	32 40'	139° 30'	0,145		50	Хиндъ.
6	141*	мартъ 29,1	120 55	12 50	163 0	0,720		60(?)	Хиндъ.
7	24**	июль 10,0	82	189	14	0,37		60(?)	Бурхардъ.
8*	53**	октябрь 20,6	255 30	58	10 —	0,341		60(?)	Бурхардъ.
9	568*	августъ 29,33	21 20	294 15	4 8	0,907		69	Локье.
10	571*	апрѣль 7,2	15 22	128 17	43 31	0,963		63(?)	Хиндъ.
11	770**	июнь 6,45	86 46	88 51	120 29	0,603		59	Хиндъ.
12	837**	мартъ 1,00	277 50	204 33	109 —	0,80		37	Пингре.
13	961*	декабрь 30,17	82 32	350 35	100 27	0,52		64	Хиндъ.
11*	989*	сентябрь 12,0	180 —	84 —	164 —	0,568		30	Бурхардъ.
15*	1066**	май 30	110 —	230 —	110 —	0,34		67	Пингре.
16	1092*	февраль 15,0	30 40	125 40	28 55	0,928		120	Хиндъ
17	1097**	сентябрь 21,9	125 0	207 30	73 30	0,738		25	Бурхардъ.
18	1231*	январь 30,31	121 18	13 30	6 5	0,348		105	Пингре.
19*	1261*	июль 19,80	159 34	140 55	16 29	0,825		120	Хиндъ.
20*	1301**	октябрь 24,0	186 —	138	167 —	0,640		46	Локье.
21	1337**	июнь 15,08	90 41	93 1	139 32	0,828		63	Локье.
22*	1366*	октябрь 21,16	169 21	217 25	152 23	0,980		4	Хиндъ.
23	1378*	ноябрь 8,77	107 46	47 17	162 4	0,384		45(?)	Локье.
24	1385*	октябрь 16,27	166 44	268 31	127 45	0,774		12	Хиндъ.
26*	1402**	мартъ 21	91 —	117 —	55 —	0,88		?	Хиндъ.
26*	1435**	ноябрь 7,777	189 19	96 20	104 0	0,1928		46	Челорн.
27	1445*	декабрь 9,375	356 52	261 18	155 40	0,774		49	Челорн.
28*	14571*	январь 17,986	194 54	249 40	13 16	0,1034		4	Челорн.
29	14571*	августъ 8,007	185 8	184 24	9 52	0,7604		90(?)	Челорн.
30	1468*	октябрь 7,416	65 12	61 15	135 41	0,853		81	Локье.
31*	1472**	февраль 29,891	256 53	296 8	165 48	0,179		68(?)	Челорн.
32*	1491*	январь 4,91	155 —	268 —	105 —	0,756		23(?)	Пирсъ.
3*	1499*	сентябрь 6,19	33 30	326 30	21 0	0,954		?	Хиндъ
31	1509*	май 17	20	310	105 —	1,10		40(?)	Хиндъ.
33*	1506*	сентябрь 3,67	242 13	132 50	134 59	0,386		25(?)	Локье.
34*	1532**	октябрь 18,34	21 25	87 23	32 36	0,519		115	Олберст.
35	1533*	июнь 11,89	278 21	299 19	28 14	0,327		67	Олберст.
38	1556**	апрѣль 22,191	100 53	175 14	32 26	0,4908		53	Хекъ.

№	Прохождение через перигелий		Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восхо- дящаго узла	Наклон- ность	Расстояние перигелия отъ солнца	Эксцентри- ситеть
	годъ	среднее парижское время					
75	1742 *	февраль 8,6252	328° 30,2	185° 9,5	112° 28,3	0,77005	—
76*	1744 I*	январь 10,8539	25 25,9	67 32,0	2 16,3	0,8382	—
77	1743 II*	сентябрь 20,6534	119 2,1	6 2,2	134 22,9	0,5230	—
78*	1744 **	мартъ 1,346,8	151 26,9	45 44,9	47 7,3	0,22221	—
79	1747 +	мартъ 3,3056	230 16,8	147 18,8	100 53,7	2,19860	—
80	1748 I*	апрѣль 28,7872	17 28,4	232 51,8	94 31,6	0,8404	—
81	1748 II*	июнь 18,894	245 39	33 8	67 3	0,625	—
82	1757 *	октябрь 21,3361	268 45,2	214 12,8	12 50,3	0,3375	—
83	1758 *	июль 11,1438	36 48	230 50	68 19	0,2154	—
84*	1750 II*	ноябрь 27,0083	273 54,6	139 39,7	79 6,6	0,8014	—

**Д Е Н Н Ы Х К О М Е Т Ы .**

№	Прохождение через перигелий		Продолже- ние перигели- я от узла	Далота космы от узла	Наклон кости	Разстояние перигели- я от центра	Положение космы в перигели- и	В. числител.
	годъ	среднее расстояние презъ						
39*	1558*	сентябрь 13 55	1199 37	365 3	119 53	0,281	31 (2)	Хвкь
40	1577**	сентябрь 6 34	210 38	25 2	104 50	0,177	87	Галлейды.
41*	1580*	ноябрь 28 50	89 20	19 7	64 54	0,025	70	Шварцбергуль.
42	1582*	май 6,42	351 57	22 14	118 54	0,168	28 (2)	Марти.
<i>Несей миль</i>								
43*	1585*	октябрь 8,83	331 24	37 14	6 5	1,0918	45	Петерс-и-Сативъ
44	1590*	февраль 8,031	307 40	160 57	150 38	0,0077	12	Хвкь
45	1593*	ноябрь 18 515	12 1	104 15	87 38	0,89	14	Лавинь
46*	1596*	июль 25 221	59 26	330 25	128 2	0,5072	20 (2)	Хвкь
47	1618*	августъ 17,153	21 55	293 25	21 28	0,113	31	Вандер
48	1618 II*	ноябрь 8,347	287 21	75 44	37 11	0,0890	60 (2)	Бессель.
49	1652*	ноябрь 12,659	300 9	88 10	79 28	0,8475	23	Галлей.
50	1661*	январь 26,887	37 22	81 51	33 1	0,1127	40	Мельцг.
51*	1661**	декабрь 4 490	310 33	81 16	178 42	1,025	124	Давиде-Фер.
52	1665*	апрель 21,225	156 7	228 2	106 55	0,1065	08 (2)	Галлей
53*	1668**	февраль 24,788	236 43	193 26	27 7	0,231	2	Хендрик-Фер.
54	1672	мартъ 1,4512	109 33	298 6	82 57	0,0953	50	Бергериусъ.
55	1677	май 6,6322	99 12	330 49	100 57	0,280	12	Галлей
56*	1678*	августъ 27,592	166 6	161 40	8 4	1,2380	26	Довесъ.
57*	1683**	декабрь 18,000	50 29	272 9	66 30	0,0000	126	Фер.
58	1684	июль 10,9971	87 48	172 25	20 17	0,0000	18	Думмерль.
59*	1684*	июнь 8,269	350 3	268 19	63 25	0,0083	17	Ниль-Фуреръ.
60	1686*	сентябрь 15,831	81 55	354 4	34 55	0,1000	45 (2)	Хвкь
61*	1689**	ноябрь 30 165	78 11	279 24	63 11	0,0000	10 (2)	Хвкь
62*	1693**	ноябрь 9,71	204 —	216 —	22 —	0,844	21	Бурхардъ.
63	1698*	октябрь 17,021	151 11	65 53	169 5	0,7287	26	Хвкь
64	1699	январь 13 496	109 33	321 41	100 25	0,714	13	Хвкь
65	1701*	октябрь 17,42	165 —	299 —	188 —	0,593	4	Бурхардъ.
66*	1702*	мартъ 13 617	509 47	188 59	1 25	0,047	1	Бурхардъ.
67	1706*	январь 30, 120	59 25	13 11	55 14	0,450	29	Слуцкя
68*	1707*	декабрь 11,9948	27 8	52 50	88 38	0,800	9	Слуцкя
69*	1718*	январь 14,9122	6 16	127 55	148 52	1,000	18	Арнольдъ.
70	1722*	сентябрь 27 874	331 22	14 14	13 0	0,0000	0	Шварцбергуль.
71*	1729*	июнь 16,1542	10 26	310 37	77 4	4,0505	178	Хвкь
72	1731 I	январь 30 3 37	99 33	226 22	18 21	0,0000	59	Бурхардъ.
73*	1737 II	июнь 2, 237	129 52	152 5	61 52	0,0000	7	Хвкь
74*	1739	июнь 17,4229	14 47	267 25	124 17	0,6700	82	Лавинь

Комета Галлей (№ 23): 1450\*\* июль 8,2 1531\* августъ 24, 1697\* октябрь 26,7224; 1682\*\* сентябрь 14,8016.

Большая полуось	Время оборота въ тогдахъ	День открытiя	Продолже- тельность видимости въ днихъ	И М И		№
				открытiя кометы	вычисл. шата орбиты	
—	—	1742 февраль 5	90	(Гравъ).	Баркеръ.	75
—	—	1743 февраль 10	18	Гривовъ.	Ольберсъ.	76
—	—	1743 августъ 18	26	Клингенбергъ.	Д'Арре.	77
—	—	1743 декабрь 9	87	Клингенбергъ.	Думмерль.	78
—	—	1746 августъ 13	114	Шезо.	Лаклайъ.	79
—	—	1748 апрель 26	66	—	Лемонъ.	80
—	—	1748 май 19	3	Клингенбергъ.	Бессель.	81
—	—	1757 сентябрь 13	35	Владей (?).	Владей.	82
—	—	1758 май 26	160	Делла Пунца.	Пингрё.	83
—	—	1760 январь 25	52	Мессеъ.	Пингрё.	84

№	Прохождение через перигелий		Расстояние перигелия от узла	Долгота восходящего узла	Наклонность	Расстояние перигелия от солнца	Эксцентриситет
	годъ	среднее парижское время					
85	1759 III*	декабрь 16,8476	301° 21,7	79° 50,1	175° 7,5	0,9658	—
86	1762	май 28,3410	115 28,9	348 33,1	85 38,2	1,0091	—
87*	1763 †	ноябрь 1,8679	88 34,9	356 21,1	72 31,9	0,49829	0,99868
88	1764 *	февраль 12,5775	104 49,7	120 4,6	127 6,5	0,55522	—
89	1766 I	февраль 17,368	100 55	244 11	139 10	0,5053	—
90*	1766 II*	апрель 26,9953	177 2	74 11	8 1,8	0,39898	0,86400
91	1769 †*	октябрь 7,62689	329 7,5	175 4,0	40 45,8	0,12276	0,99925
92	1770 I†	август 13,54735	224 17,9	131 58,9	1 34,5	0,67131	0,78684
93	1770 II	ноябрь 22,24167	260 19,4	108 42,2	148 34,1	0,5282	—
94	1771 †	апрель 19,14144	76 8,2	27 53,2	11 13,9	0,90183	—
95	1772	февраль 16,66180	213 3,0	257 15,6	17 3,1	0,98602	0,72451
96	1773 †	сентябрь 5,61330	314 5,5	121 5,5	61 14,3	1,12689	—
97	1774	август 14,7472	135 58,2	180 50,2	82 48,6	1,42528	—
98	1779 †	январь 4,09284	62 10,3	25 4,2	32 31,0	0,71316	—
99	1780 I†	сентябрь 30,93280	237 5,3	123 41,3	125 36,8	0,09630	0,99995
100	1780 II	ноябрь 28,851	254 9	141 1	107 56	0,5,5	—
101	1781 I	июль 7,19537	156 10,8	83 0,6	81 43,1	0,77586	—
102	1781 II†	ноябрь 29,5297	61 19,8	77 22,9	152 47,9	0,96100	—
103*	1783	ноябрь 19,93685	354 36,9	55 40,5	45 6,9	1,45929	0,55246
104	1784 *	январь 21,2061	336 5,0	56 49,4	128 50,8	0,70786	—
105	1785 I	январь 27,33199	205 39,7	264 12,3	70 14,2	1,14340	—
106	1785 II†	август 8,42049	127 10,6	64 41,1	92 37,8	0,42724	0,99646
107	1786 I	январь 30,88	182 30	334 8	13 36	0,3348	0,84836
108	1786 II	июль 8,57397	323 15,0	195 23,5	50 58,6	0,9424	—
109	1787	май 16,81194	99 7,4	106 51,6	131 44,2	0,34891	—
110	1788 I†	ноябрь 10,31582	57 48,6	156 56,7	167 32,3	1,06301	—
111	1788 II	ноябрь 20,30903	30 25,5	352 24,4	64 30,4	0,75131	—
112	1790 I	январь 10,797	114 25	172 50	150 16	0,747	—
113	1790 II	январь 30,87628	207 5,4	268 36,6	54 6,4	1,04438	0,81933
114	1790 III†	май 21,24740	119 27,6	33 11,0	116 7,6	0,79796	—
115	1792 I	январь 13,57240	151 16,6	190 46,3	140 13,1	1,29302	—
116*	1792 II*	декабрь 27,35090	147 22,2	283 14,7	130 52,8	0,96651	—
117	1793 I	ноябрь 4,848	239 47	108 29	119 39	0,4034	—
118*	1793 II	ноябрь 20,21912	69 53,8	2 0,2	51 31,2	1,49512	0,97342
119	1796	апрель 2,83128	184 18,1	17 2,3	115 5,5	1,57816	—
120*	1797 *	июль 9,11147	279 48,5	329 15,6	129 19,4	0,52661	—
121	1798 I	апрель 4,51482	342 58,4	122 7,4	43 48,0	0,18503	—
122	1798 II	декабрь 31,5474	215 1	249 31	137 37	0,7795	—
123	1799 I†	сентябрь 7,19743	95 47,8	99 30,0	129 4,2	0,83986	—
124	1799 II†	декабрь 25,9029	136 29	326 49	162 58	0,6658	—
125*	1801	август 8,5630	219 47	42 29	159 15	0,2,64	—
126	1802	сентябрь 9,89752	21 53,4	318 15,7	57 0,8	1,09411	—
127	1804	февраль 13,59463	331 56,9	176 48,0	56 28,7	1,07117	—
128	1806 II	декабрь 18,92943	225 19,9	322 23,3	141 57,5	1,08190	1,00018
129*	1807 **	сентябрь 18,74537	4 7,5	266 47,2	63 10,5	0,64612	0,99549
130*	1808 I	май 12,959	253 46	322 59	134 17	0,3899	—
131	1808 II	июль 12,174	131 32	24 11	140 41	0,6080	—
132	1810	октябрь 6,24442	114 56,2	308 50,5	62 55,7	0,96962	—
133	1811 I*	сентябрь 12,26312	65 23,9	140 25,1	106 57,5	1,03542	0,99503
134	1811 II†	ноябрь 10,99698	314 25,6	93 1,9	31 17,2	1,58211	0,98271
135	1812 †	сентябрь 15,33210	199 19,1	253 0,7	73 57,6	0,77712	0,95558
136	1813 I	март 4,53300	350 52,3	60 48,4	158 46,5	0,69916	—
137	1813 II†	май 19,51720	205 3,4	42 40,2	98 52,5	1,21529	—
138	1815 †	апрель 25,99943	65 33,5	83 28,8	41 29,9	1,21283	0,93115
139	1816	март 1,95210	304 21	323 15	43 5	0,0485	—
140	1818 I	февраль 3,224	180 17	256 1	34 11	0,69 9	—
141	1818 II	февраль 25,96539	112 19,2	70 26,2	89 43,8	1,19776	—
142*	1818 III	декабрь 4,94118	348 4,8	89 59,9	116 54,5	0,85610	—
143*	1819 II**	июль 27,72197	13 26,2	273 42,0	80 14,6	0,71138	—
144	1819 III	июль 18,90670	161 30,1	113 10,8	10 42,8	0,77364	0,75519
145*	1819 IV;	ноябрь 20,25203	350 4,8	77 13,9	9 1,3	0,89256	0,68675

Комета Галлея (№ 23): 1759 I† март 12,5583.

Комета Фикле (№ 107): 1795 декабрь 21, 44748; 1805 † ноябрь 21,50638; 1819 I январь 27,95958.



Большая полуось	Время оборота по годамъ	День открытия	Продолжительность видности въ дняхъ	И М Я		№
				открытаго комету	вычислявшаго орбиту	
—	—	1760 январь 7	32	—	Хиндъ.	85
—	—	1762 май 17	49	—	Бурхардъ.	86
377,5	7330	1763 сентябрь 28	58	Клиггенбергъ.	Бурхардъ.	87
—	—	1764 январь 3	39	Мессье.	Пингрё.	88
—	—	1766 мартъ 8	8	Мессье.	Пингрё.	89
2,931	5,025	1766 апрѣль 1	43	Хелъфеширидеръ.	Бурхардъ.	90
163,5	2090	1769 августъ 8	117	Мессье.	Бессель.	91
3,163	5,625	1770 июнь 14	110	Мессье.	Левенг.	92
—	—	1771 январь 9	12	—	Пингрё.	93
—	—	1771 апрѣль 1	108	Мессье.	Крейцъ.	94
3,579	6,771	1772 мартъ 8	26	Монтень.	Губбардъ.	95
—	—	1773 октябрь 12	184	Мессье.	Бурхардъ.	96
—	—	1774 августъ 11	89	Монтень.	Де Саронъ.	97
—	—	1779 январь 6	131	Воде.	фонъ Цахъ.	98
1783	75300	1780 октябрь 26	38	Мессье.	Кливеръ.	99
—	—	1780 октябрь 18	3	Монтень, Ольберсъ.	Ольберсъ.	100
—	—	1781 июнь 28	17	Мешень.	Мешень.	101
—	—	1781 октябрь 9	78	Мешень.	Мешень.	102
3,259	5,888	1783 ноябрь 19	32	Цаггтъ.	Ц. X. Ф. Петерсъ.	103
—	—	1783 декабрь 15	163	(Де-ла Нуксъ).	Мешень.	104
—	—	1785 январь 7	32	Мессье, Мешень.	Мешень.	105
120,7	1325	1785 мартъ 11	36	Мешень.	Криггеръ.	106
2,208	3,281	1786 январь 17	3	Мешень.	Энке.	107
—	—	1786 августъ 1	87	Каролина Гершель.	Реджю.	108
—	—	1787 апрѣль 10	107	Мешень.	Де Саронъ.	109
—	—	1788 ноябрь 25	35	Мессье.	Мешень.	110
—	—	1788 декабрь 21	28	Каролина Гершель.	Мешень.	111
—	—	1790 январь 7	14	Каролина Гершель.	Де Саронъ.	112
5,781	13,808	1790 январь 9	23	Мешень.	Ташаръ.	113
—	—	1790 апрѣль 17	73	Каролина Гершель.	Мешень.	114
—	—	1791 декабрь 15	44	Каролина Гершель.	Мешень.	115
—	—	1793 январь 8	42	Грегори.	Панци.	116
—	—	1793 сентябрь 27	102	Мессье.	Де Саронъ.	117
56,25	422	1793 сентябрь 24	75	Перри.	Д'Арсе.	118
—	—	1796 мартъ 31	15	Ольберсъ.	Ольберсъ.	119
—	—	1797 августъ 14	17	—	Ольберсъ.	120
—	—	1798 апрѣль 12	42	Мессье.	Хиндъ.	121
—	—	1798 декабрь 6	6	Буваръ.	Бурхардъ.	122
—	—	1799 августъ 6	81	Мешень.	Ташаръ.	123
—	—	1799 декабрь 26	10	Мешень.	Мешень.	124
—	—	1801 июнь 30(?)	23 (?)	(Рейсигъ ?).	Доберкъ.	125
—	—	1802 августъ 26	38	Понсъ.	Ольберсъ.	126
—	—	1804 мартъ 7	25	Понсъ.	Гаусъ.	127
—	—	1806 ноябрь 10	94	Понсъ.	Гензель.	128
143,2	1713	1807 сентябрь 9	200	—	Бессель.	129
—	—	1808 мартъ 25	8	Понсъ.	Энке.	130
—	—	1808 июнь 24	9	Понсъ.	Бессель.	131
—	—	1810 августъ 22	47	Понсъ.	Тронъ.	132
268	3010	1811 мартъ 25	511	Флаугергесъ.	Гелъ.	133
91,5	875	1811 ноябрь 16	92	Понсъ.	—	134
17,495	73,2	1812 июль 20	69	Понсъ.	Шуи-фр. Боссеръ.	135
—	—	1813 февраль 4	35	Понсъ.	Николъ.	136
—	—	1813 мартъ 28	50	Понсъ.	Ферреръ.	137
17,815	73,933	1815 мартъ 6	172	Ольберсъ.	Гвинденъ.	138
—	—	1816 декабрь 22	10	Понсъ.	Бурхардъ.	139
—	—	1818 февраль 23	4	Понсъ.	Хиндъ.	140
—	—	1817 декабрь 26	126	Понсъ.	Энке.	141
—	—	1818 ноябрь 29	62	Понсъ, Бессель.	Роннбергъ, Шеркъ.	142
—	—	1819 июль 1	107	(Тралесъ).	Хиндъ.	143
3,160	5,618	1819 июль 12	37	Понсъ.	Энке.	144
2,819	4,810	1819 ноябрь 27	58	Ваннлевъ.	Энке.	145

Комета Визли (№ 95): 1806 14 январь 1,92396.

№	Прожидание через перигелий		Растояние перигелия отъ узла	Долгота возго- лащаго узла	Наклон полю	Разстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриа- цитеть	
	годъ	среднее парижское время						
146	1821 †	мартъ	21,54305	169 11,5	48 40,9'	106°26,9'	0,09182	—
147	1822 I	май	5,62950	344 43,1	177 26,3	126 22,6	0,50441	—
148*	1822 III†	июль	15,8507	237 45	97 45	143 12	0,8172	—
149	1822 IV†	октябрь	23,77627	181 4,4	92 44,7	125 20,8	1,11507	0,9963
150*	1823 *	декабрь	9,45058	28 28,5	303 8,0	195 48,1	0,226 9	—
151	1824 I	июль	11,52582	334 6,3	234 21,1	129 29,0	0,79167	—
152	1824 II	сентябрь	29,06481	85 15,5	279 15,7	51 57,0	1,09344	1,00173
153	1825 I	май	30,57518	107 14,2	20 8,9	123 16,4	0,88940	1,00067
154	1825 II	августъ	18,71754	177 18,3	192 56,2	89 41,8	0,88347	—
155	1826 IV†	декабрь	10,669 4	257 56,7	245 13,4	146 27,1	1,24085	0,99543
156	1826 II	апрѣль	21,92451	279 22,9	197 36,6	40 0,4	2,06790	—
157*	1826 III	апрѣль	29,046	4 41	40 29	174 43	0,188	—
158	1826 IV	октябрь	8,95873	13 41,9	44 6,5	25 57,3	0,85281	—
159*	1826 V†	ноябрь	18,41477	279 36,5	235 6,2	90 37,9	0,02680	—
160	1827 I	февраль	4,92808	150 57,6	184 27,8	102 24,4	0,50653	—
161	1827 II	июнь	7,81700	20 38,8	318 10,5	135 21,3	0,89115	—
162	1827 III	сентябрь	11,0790	238 42,1	119 30,2	125 55,3	0,13784	0,99927
163	1830 I*	апрѣль	9,30158	5 49,8	206 21,6	21 16,5	0,92140	—
164	1830 II*	декабрь	27,66688	26 53,8	337 53,1	135 14,5	0,12589	—
165	1832 II	сентябрь	25,88003	204 36,2	72 27,5	156 10,1	1,183 1	—
166*	1833	сентябрь	10,20693	259 47,4	323 9,4	7 19,6	0,45875	—
167	1834	апрѣль	2,79907	50 9,3	226 33,2	5 59,3	0,51511	—
168	1835 I	мартъ	27,21166	210 23,4	58 20,5	170 52,0	2 14 0,5	—
169	1840 I†	январь	4,47816	72 14,3	119 57,6	53 5,6	0,61843	—
170	1840 II	мартъ	13,08212	156 36,0	236 50,2	120 47,0	1,22079	0,99198
171	1840 III	апрѣль	2,14131	138 2,9	156 2,2	79 52,3	0,74850	—
172	1840 IV	ноябрь	13,67060	133 36,0	248 55,8	57 58,1	1,48121	0,97112
173	1842 II	декабрь	16,96329	240 32,3	207 48,7	106 25,9	0,50440	—
174*	1843 I*	февраль	27,41748	82 38,0	1 19,9	144 20,1	0,00553	0,99991
175	1843 II	май	6,06242	124 14,8	157 14,9	52 44,8	1,61634	1,00018
176	1843 III	октябрь	17,13671	200 3,9	209 29,4	11 22,5	1,69223	0,55583
177*	1844 I†	сентябрь	2,48458	278 41,2	63 49,6	2 54,8	1,18632	0,61737
178	1844 II†	октябрь	17,35041	211 15,1	31 39,1	131 24,0	0,85539	0,99961
179*	1844 III**	декабрь	13,6127	177 42,9	118 19,4	45 38,8	0,25172	1,00035
180	1845 I	январь	8,16327	114 35,2	336 44,5	46 50,7	0,90521	—
181	1845 II†	апрѣль	21,03748	205 26,6	347 6,8	56 23,6	1,25468	—
182*	1845 III*	июнь	5,67992	75 46,0	337 48,9	131 18,0	0,40163	0,98987
183	1846 I	январь	22,10037	337 57,9	111 8,4	47 26,1	1,48070	0,99240
184	1846 III	февраль	25,375	18 46,6	102 41,7	30 55,3	0,65013	0,79307
185	1846 IV	мартъ	5,55237	12 53,5	77 33,3	85 6,5	0,66380	0,96291
186	1846 V	май	27,90234	78 44,8	161 18,7	122 23,8	1,37599	—
187*	1846 VI	июнь	1,14095	339 57,7	260 23,9	30 40,2	1,52928	0,72860
188*	1846 VII†	июль	5,48571	99 47,2	261 52,9	150 41,2	0,63370	0,98994
189*	1846 VIII	октябрь	29,78372	98 53,3	4 41,4	49 42,0	0,830 7	—
190*	1847 I†	мартъ	30,29086	254 20,6	21 41,8	48 38,8	0,04259	0,99991
191	1847 II	июль	4,69903	32 20,6	173 57,1	100 26,2	2,11521	—
192*	1847 III	августъ	9,34434	91 31,8	338 17,0	96 33,8	1,76606	0,99859
193	1847 IV	августъ	9,35158	55 26,1	76 43,0	147 21,2	1,48483	—
194	1847 V	сентябрь	5,54922	129 23,3	309 48,8	19 8,4	0,18786	0,97256
195*	1847 VI†	ноябрь	14,40637	276 36,9	190 49,9	108 9,1	0,32903	1,00017
196	1848 I	сентябрь	8,95177	260 57,6	211 31,7	95 56,6	0,31995	—
197	1849 I	январь	19,33431	208 1,4	215 12,9	85 2,9	0,95973	—
198	1849 II	май	26,49906	33 10,3	202 32,8	67 9,9	1,11910	1,00071
199	1849 III	июнь	8,21014	236 34,1	30 32,0	65 55,3	0,89439	0,99783
200	1850 I†	июль	23,53440	180 31,6	92 53,5	68 11,4	1,08145	0,99885
201*	1850 II	октябрь	19,34390	245 13,2	206 0,0	40 4,8	0,535 80	—
202	1851 II	июль	8,68045	174 31,0	148 23,3	13 55,2	1,17 30	0,65928
203	1851 III	августъ	26,24115	87 18,3	223 40,6	38 9,0	0,98430	0,99686
204	1851 IV	сентябрь	30,803 9	294 25,0	44 21,5	73 58,6	0,11194	—
205*	1852 II	апрѣль	19,59380	37 13,3	317 12,9	131 6,5	0,90541	—
206	1852 IV†	октябрь	12,75724	57 3,7	346 10,0	40 55,0	1,24996	0,91903

Комета Динке (N 107) 1822 III май 23,96394; 1825 III сентябрь 16,28190; 1829 январь 9,74981; 1832 I май 3,99229; 1835 II августъ 26,56831; 1838 . декабрь 19,09616; 1842 I апрѣль 12,02583; 1845 IV августъ 9,60750; 1848 II ноябрь 26,08793; 1852 I мартъ 114,71143

Комета Галлея (N 23): 1835 III\* ноябрь 15,94589

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытiя	Продолженiе тiа въ дни	Высшiе широты въ градъ	И М Я		№
					открывшаго комету	вычисляшаго орбиту	
—	—	1821 январь 21	102		Николае, Понс.	Розенбергеръ.	146
—	—	1822 май 19	41		Гамбаръ.	Николае.	147
—	—	1822 май 30	25		Понс.	Хиндъ.	148
309,7	5450	1822 июль 13	121		Понс.	Энке.	149
—	—	1823 декабрь 29	99		(Понс).	Энке.	150
—	—	1824 июль 15	27		Рюмкеръ.	Доберкъ.	151
—	—	1824 июль 23	155		Шейтхауеръ.	Дале.	152
—	—	1825 май 18	58		Гамбаръ, Рюмкеръ.	Мартинъ.	153
—	—	1825 августъ 9	18		Понс.	Клаузенъ.	154
271,4	4470	1825 июль 15	358		Понс, Биза	Губертъ.	155
—	—	1825 ноябрь 7	155		Понс.	Николае.	156
—	—	1826 мартъ 29	8		Флаугергесъ.	Кларверъ.	157
—	—	1826 августъ 7	127		Понс.	Аргеландеръ.	158
—	—	1826 октябрь 22	75		Понс.	Гамбаръ.	159
—	—	1826 декабрь 26	31		Понс.	ф. Хейлгенштейнъ.	160
—	—	1827 июль 20	31		Понс, Гамбаръ.	ф. Хейлгенштейнъ.	161
189,6	2610	1827 августъ 2	75		Понс.	Клаузенъ.	162
—	—	1830 мартъ 16	153		(Д. Аббади).	Шульце.	163
—	—	1831 январь 7	60		(Гершль).	Вольферсъ.	164
—	—	1832 июль 19	39		Гамбаръ.	Шульце.	165
—	—	1833 октябрь 1	15		Дунлопъ.	Гартвингъ.	166
—	—	1834 мартъ 7	38		Гамбаръ.	Шульце.	167
—	—	1835 апрѣль 20	37		Богуславскій.	Рехенбергъ.	168
—	—	1839 декабрь 2	69		Галле.	Рехенбергъ.	169
243	3790	1840 январь 25	67		Галле.	Ковалевичъ.	170
—	—	1840 мартъ 6	21		Галле.	Ковалевичъ.	171
51,4	368	1840 октябрь 26	113		Бремкеръ.	Шульце, Шейтгейнъ.	172
—	—	1842 октябрь 28	30		Ломье.	Шварцманльдъ.	173
64,0	512	1843 февраль 27	51		(Дей).	Крейдъ.	174
—	—	1843 май 3	151		Мова *.	Гелпе.	175
3,810	7,436	1843 ноябрь 22	140		Фай.	Мейеръ.	176
3,190	5,439	1844 августъ 22	131		Де Вико.	Бриггманъ.	177
2184	102000	1844 июль 7	246		Мова *.	Влантамуръ.	178
—	—	1844 декабрь 18	84		—	Бондъ.	179
—	—	1844 декабрь 28	92		Д'Арре.	Доберкъ.	180
—	—	1845 февраль 25	65		Де Вико.	Фай.	181
39,66	249,8	1845 июль 2	29		(Колла).	Д'Арре.	182
194,9	2721	1846 январь 24	97		Де Вико.	Гелиольдъ.	183
3,142	5,569	1846 февраль 26	53		Вюрцель.	Бруль.	184
17,90	75,71	1846 февраль 20	88		Де Вико.	ф. Гейсгергеръ.	185
—	—	1846 июль 29	59		Де Вико, Хиндъ.	Фогель.	186
5,685	13,38	1846 июль 26	25		П. Х. Ф. Петерсъ.	Берберихъ.	187
63,0	500	1846 апрѣль 30	47		Брорънъ.	Аудмансъ.	188
—	—	1846 сентябрь 25	32		(Де Вико).	Р. Олентемъ.	189
471	10200	1847 февраль 6	77		Хиндъ.	Хорнштейнъ.	190
—	—	1847 май 7	237		Колла.	Энштрёмъ.	191
1250	44200	1847 июль 4	292		Мата.	К. Голье.	192
—	—	1847 августъ 30	91		Штейнеръ.	Шуръ.	193
17,8	75	1847 июль 20	4		Брорънъ.	д'Арре.	194
—	—	1847 сентябрь 1	80		Милъ Милчедъ.	Миль М. Нальмеръ.	195
—	—	1848 августъ 7	19		Петерсенъ.	Витгофъ.	196
—	—	1848 октябрь 26	32		Петерсенъ.	Петерсенъ, Зонтагъ.	197
—	—	1849 апрѣль 15	160		Гужонъ.	Вейеръ.	198
412	8375	1849 апрѣль 11	157		Швайеръ, Бондъ.	д'Арре.	199
940	28800	1849 май 1	168		Петерсенъ.	Кирригтонъ.	200
—	—	1850 августъ 29	76		Бондъ.	Рехенбергъ.	201
—	—	1850 июль 27	101		Д'Арре.	Лево.	202
3,444	3390	1850 августъ 1	60		Брорънъ.	Брорънъ.	203
313	5550	1850 октябрь 22	30		Вюрцель.	Андрессъ.	204
—	—	1852 май 15	28		Шварцманъ.	ф. Астель.	205
15,338	60,66	1852 июль 24	200		Вестфаль.	Вестфаль.	206

Комета Фая (№ 176): 1851 I апрѣль 1,94318.

Комета Бизы (№ 95): 1826 мартъ 18,45311; 1832 III ноябрь 26,12237; 1846 II, февраль 11; 1852 III сентябрь 24.

№	Прохождение через перигелий		Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Расстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ
	годъ	ср. днее перигелиево время					
207	1853 I	февраль 24 01115	275° 50,7'	69° 34,1'	159° 41,9'	1,09213	—
208*	1853 II†	май 9,83277	199 13,0	40 57,6	122 10,9	0,90869	0,98930
209*	1853 III†	сентябрь 1,71319	170 25,8	140 31,2	61 31,0	0,30684	1,00126
210	1853 IV†	октябрь 16,61186	277 51,0	220 5,9	119 0,8	0,17268	1,00123
211	1854 I	январь 8,94163	170 56,2	227 2,8	113 53,2	2,04465	—
212*	1854 II*	мартъ 24,01972	101 38,3	315 27,5	97 28,3	0,27706	—
213	1854 III†	июнь 22,00356	74 34,3	347 39,7	108 41,0	0,64811	—
214*	1854 IV	октябрь 27,51557	129 55,8	324 23,5	40 54,6	0,79870	0,99332
215	1854 V	декабрь 15,72473	287 1,7	238 7,6	14 9,3	1,35748	0,98637
216	1855 I	февраль 5,05384	323 6,0	189 43,6	128 35,7	2,19353	0,96518
217	1855 II	май 30,15396	22 36,5	260 18,9	156 53,2	0,56676	—
218	1855 IV†	ноябрь 25,39914	325 31,7	51 33,6	169 48,8	1,23099	—
219	1857 I	мартъ 21,37557	121 34,7	313 9,3	87 56,0	0,77249	—
220	1857 III	июль 17,98076	134 3,3	23 41,5	121 1,0	0,36753	—
221	1857 IV	августъ 24,0300	185 57,6	200 49,3	32 16,4	0,74684	0,98037
222	1857 V†	сентябрь 30,88641	124 50,2	14 57,8	123 56,7	0,56290	0,99691
223	1857 VI	ноябрь 19,07778	95 5,4	139 18,7	142 11,1	1,90900	0,99699
224	1858 III	май 2,97368	25 42,3	175 4,1	19 30,0	1,14922	0,67368
225	1858 IV	июнь 5,30209	98 52,1	324 58,1	99 57,3	0,54426	—
226*	1858 VI†*	сентябрь 29,97097	129 6,7	165 19,2	116 58,2	0,57847	0,99629
227	1858 VII†	октябрь 12,83988	155 34,0	159 46,5	158 42,9	1,42669	0,99568
228	1859	мартъ 29,23263	282 0,2	357 20,7	95 28,3	0,20103	—
229*	1860 IA	февраль 16,63141	209 46,1	324 3,7	79 40,0	1,19888	—
	1860 IB	февраль 16,67621	209 41,8	324 3,3	79 36,2	1,1 818	—
230	1860 II	мартъ 5,57201	41 12,6	8 52,5	48 13,1	1,30661	—
231	1860 III*	июнь 16,06750	76 51,9	84 40,5	79 19,4	0,29289	—
232*	1860 IV	сентябрь 22,318	311 57	44 51	32 12	0,883	—
233*	1861 I†	июнь 3,39541	213 26,3	29 55,7	79 45,5	0,92070	0,98346
234*	1861 II†*	июнь 11,51323	330 6,1	278 58,9	85 26,3	0,82238	0,98508
235	1861 III	декабрь 7,18092	331 31,1	145 6,0	135 1,1	0,83903	—
236	1862 II†	июнь 22,03609	27 13,6	326 34,1	112 5,6	0,98134	—
237*	1862 III†	августъ 22,91537	152 45,5	137 27,2	113 34,1	0,96264	0,96035
238	1862 IV	декабрь 28,18060	230 34,5	355 46,0	137 31,4	0,80324	—
239	1863 I	февраль 3,49669	74 27,1	116 55,0	85 21,9	0,79476	—
240	1863 II†	апрѣль 4,91081	4 0,0	251 15,6	112 37,8	1,06809	—
241*	1863 III†	апрѣль 20,87116	55 36,6	250 10,1	85 30,0	0,62878	0,99908
242	1863 IV†	ноябрь 9,48599	357 12,8	97 28,6	78 4,8	0,706 9	0,99898
243	1863 V†	декабрь 27,76915	115 41,0	304 43,4	64 28,7	0,77149	—
244	1863 VI	декабрь 29,17306	78 5,9	105 1,4	83 19,3	1,31312	1,00066
245	1864 I	июль 27,81825	346 5,7	174 58,9	135 0,0	0,62610	—
246	1864 II†	августъ 15,59310	151 2,8	95 14,5	178 7,8	0,90929	0,99635
247	1864 III	октябрь 11,41150	232 27,4	31 46,4	109 42,0	0,93120	—
248	1864 IV	декабрь 22,45755	118 27,8	203 13,2	48 52,7	0,77073	—
249*	1864 V	декабрь 27,72616	178 30,8	340 54,4	162 52,6	1,11464	—
250*	1865 I**	январь 14,33180	111 44,1	252 56,5	92 29,9	0,92584	—
251*	1866 I	январь 11,14037	170 58,0	231 26,0	162 41,9	0,97652	0,90542
252	1867 I	январь 20,21367	357 31,3	78 27,6	18 12,6	1,57723	0,86535
253*	1867 II	май 23,92690	134 59,4	101 10,2	6 24,6	1,56356	0,50971
254	1867 III	ноябрь 6,96729	148 37,5	64 59,0	96 34,1	0,33036	—
255	1868 II†	июнь 26,48275	126 37,4	52 15,4	131 33,0	0,57858	—
256	1869 II	октябрь 9,85614	188 12,4	311 30,2	111 40,4	1,23073	—
257	1869 III	ноябрь 18,81503	106 12,7	296 46,0	5 23,9	1,06314	0,65809
258	1870 I	июль 14,08868	198 13,0	141 44,8	121 47,9	1,00869	—
259	1870 II	сентябрь 2,20321	354 57,0	12 56,4	99 20,8	1,81672	—
260	1870 VI	декабрь 19,68258	90 35,8	94 44,7	147 10,4	0,35926	—

Комета Фая (№ 176): 1858 V сентябрь 12,87919; 1866 II февраль 13,97996.

Комета Вронзена (№ 184): 1857 II мартъ 29,2522; 1868 I апрѣль 17,42886.

Комета Д'Арре (№ 202): 1857 VII ноябрь 28,19438; 1870 III сентябрь 22,68595.

Комета Виннеке (№ 144): 1858 II май 2,0456; 1869 I июнь 29,94976.

Большая полуось.	Время оборота въ годахъ.	День открытiя	Центръ тяжести въ широтѣ с. в. днѣвѣ	И М И		М
				открывшаго комету	вычисляшаго орбиту	
—	—	1853 мартъ 6	59	Секки.	Горинштейнъ.	207
84,9	782	1853 апрѣль 4	68	Швейглеръ.	Г Риммеръ.	208
—	—	1853 июль 10	213	Клинкерфустъ.	Край.	209
—	—	1853 сентябрь 11	91	Брунсъ.	Д'Арре.	210
—	—	1853 ноябрь 25	96	ванъ Арсдале.	Гисеки.	211
—	—	1854 мартъ 23	36	(Менсио).	Х. Оппенгеймъ.	212
—	—	1854 июль 4	56	Клинкерфустъ.	Виннике, Пале.	213
119,6	13,09	1854 сентябрь 11	110	Клинкерфустъ.	Лессеръ.	214
99,6	994	1855 январь 14	98	Виннике, Динъ.	Ланкинъ.	215
63	520	1855 апрѣль 11	55	Швейглеръ.	Тиге.	216
—	—	1855 июнь 3	27	Донатъ.	Шульце.	217
—	—	1855 ноябрь 12	52	Брунсъ.	Шульце.	218
—	—	1857 февраль 22	69	Д'Арре.	Лѣви.	219
—	—	1857 июнь 22	27	Клинкерфустъ.	Келлигъ.	220
38,05	234,7	1857 июль 27	88	Ц Х Ф Петерсъ.	Миллеръ.	221
182	2463	1857 августъ 20	44	Клинкерфустъ.	Лиссеръ.	222
335	6143	1857 ноябрь 10	39	Донатъ, ванъ Арсдале.	Ауверъ.	223
—	—	1858 май 2	80	Тутль.	Шульцефъ.	224
3,522	6,61	1858 май 21	55	Брунсъ.	Ауверъ.	225
156,1	1930	1858 июль 2	275	Донатъ.	Халль.	226
330	6000	1858 сентябрь 5	66	Тутль.	Вейсъ.	227
—	—	1859 апрѣль 2	89	Темпель.	Хершпрунгъ.	228
—	—	1860 февраль 26	16	Ля.	Цекюде.	229
—	—	1860 февраль 26	12	Ля.	Цекюде.	229
—	—	1860 апрѣль 17	55	Г. Рюмкеръ.	Гюльденъ.	230
—	—	1860 июль 18	122	—	Ауверъ.	231
—	—	1860 октябрь 23	2	Темпель.	Ковальчикъ.	232
55,7	415	1861 апрѣль 4	155	Татхеръ.	ф. Опполднеръ.	233
55,11	409,4	1861 май 13	353	Телбутъ.	Крейтъ.	234
—	—	1861 декабрь 28	36	Тутль.	Петеръ.	235
—	—	1862 июль 2	28	Шмидтъ, Темпель.	Черулли.	236
24,28	119,6	1862 июль 15	104	(Свифтъ) Тутль.	Хайнъ.	237
—	—	1862 ноябрь 27	85	Ресингъ.	Край.	238
—	—	1862 ноябрь 30	104	Брунсъ.	Фригельманъ.	239
—	—	1863 апрѣль 11	218	Клинкерфустъ.	Эришдифъ.	240
680	17700	1863 апрѣль 12	50	Ресингъ.	Ариксонъ.	241
696	18400	1863 ноябрь 4	97	Темпель.	Сведстунъ.	242
—	—	1863 декабрь 28	64	Ресингъ.	Валентинеръ.	243
—	—	1863 октябрь 9	187	Бекеръ.	Розень.	244
—	—	1864 сентябрь 9	31	Донатъ.	Ковальчикъ.	245
249	3930	1864 июль 1	92	Темпель.	Ковальчикъ.	246
—	—	1864 июль 23	216	Донатъ, Тусень.	ф. Астонъ.	247
—	—	1864 декабрь 15	72	Бекеръ.	Ковальчикъ.	248
—	—	1864 декабрь 30	30	Брунсъ.	Валентинеръ.	249
—	—	1865 январь 17	105	(Абольтъ).	Керберъ.	250
10,325	33,16	1865 декабрь 19	52	Темпель.	ф. Опполднеръ.	251
11,72	40,1	1867 январь 22	72	Стефанъ.	Л. Бекеръ.	252
3,189	5,625	1867 апрѣль 3	140	Темпель.	Р. Готье.	253
—	—	1867 сентябрь 16	35	Бекеръ, Виннике.	Брохъ.	254
—	—	1868 ноябрь 13	34	Виннике.	Карлинскій.	255
—	—	1869 октябрь 11	32	Темпель.	Докеръ.	256
—	—	1869 ноябрь 27	34	Темпель.	Вонгудъ.	257
—	—	1870 май 29	41	Темпель, Виннике.	Седлеръ.	258
—	—	1870 августъ 28	117	Кодманъ.	Гертъ.	259
—	—	1870 ноябрь 23	7	Виннике.	Шульцефъ.	260

Комета Энко (№ 107): 1855 III июль 1,04121; 1858 VIII октябрь 18,37209; 1862 I февраль 6,25426; 1865 II май 27,93101; 1868 III сентябрь 14,62045.  
 Комета Тутль (№ 113): 1858 I февраль 23,52586.

№	Прохождение через перигелии		Разстояние перигелия отъ узла	Долгота исток. лицаго у.ла	Наклонность	Разстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ		
	годъ	среднее парижское время							
261	1871	I†	июль	10,00635	222 31,4	279 18,6	87°35,9'	0,05430	0,99781
262	1871	II	юль	27,04041	96 20,0	211 54,2	101 59,5	1,08336	—
263	1871	IV	декабрь	20,38791	242 53,3	117 6,2	98 19,5	0,69131	0,99643
264	1873	II	июль	25,21431	185 9,2	120 56,7	12 45,4	1,34412	0,55260
265	1873	IV	сентябрь	10,79020	193 47,2	230 35,4	95 58,5	0,79406	0,99647
266	1873	V†	октябрь	1,76959	233 45,1	176 13,2	121 29,0	0,38486	—
267	1875	VII	декабрь	1,22546	195 23,4	250 19,8	30 1,5	0,73448	—
268	1874	I	мартъ	9,94113	269 29,9	30 18,0	58 52,8	0,04457	—
269	1874	II	мартъ	13,94210	331 44,7	271 6,9	118 24,5	0,88575	—
270*	1871	III†	июль	8,8 182	152 21,9	178 14,5	66 21,2	0,67578	0,99882
271	1874	IV	июль	17,70598	119 36,2	215 51,1	34 8,3	1,08798	0,96283
272*	1874	V	августъ	26,85007	92 38,2	251 30,1	41 49,8	0,98265	0,99883
273	1874	VI	октябрь	18,94934	16 17,1	281 57,6	99 12,9	0,50823	—
274*	1877	I†	январь	19,18514	347 10,2	187 15,0	152 54,6	0,80741	—
275	1877	II	апрѣль	17,66268	63 7,9	316 37,3	121 8,5	0,94998	0,99870
276	1877	III	апрѣль	26,81233	116 46,5	346 4,8	77 10,5	1,00905	0,99772
277*	1877	V	июль	27,07976	103 11,8	184 16,9	115 44,5	1,07045	—
278	1877	VI	сентябрь	11,22171	143 13,3	200 59,8	102 13,9	1,75590	—
279	1878	I	июль	20,09724	177 31,5	102 15,8	78 10,9	1,39197	—
280	1879	II	апрѣль	27,42900	3 44,1	45 45,7	107 2,1	0,89655	—
281	1879	IV	августъ	29,28524	84 15,2	32 25,6	107 45,0	0,99148	—
282	1879	V	октябрь	4,63149	115 26,4	87 11,0	77 7,9	0,98961	—
283*	1880	I	январь	27,62502	86 18,1	6 10,5	144 39,7	0,00549	—
284	1880	II	июль	1,74612	145 11,9	257 15,1	123 3,7	1,81508	—
285	1880	III*	сентябрь	6,94156	323 6,5	35 18,9	141 54,1	0,35463	—
286	1880	V	ноябрь	9,42137	11 41,4	249 22,5	60 42,2	0,65959	—
287	1881	II	май	20,44307	173 47,6	126 24,2	77 58,3	0,59111	—
288	1881	III*	июль	16,44847	351 15,3	270 57,7	63 25,9	0,73449	0,99643
289	1881	IV*	августъ	22,31748	122 7,3	97 2,6	140 13,9	0,63354	—
290	1881	V	сентябрь	13,3192	312 39,9	6 46,9	6 51,1	0,72527	0,82838
291	1881	VI	сентябрь	14,37183	6 18,2	274 9,9	112 48,8	0,41920	—
292	1881	VIII	ноябрь	19,77791	118 0,6	181 25,3	144 50,3	1,92990	0,97333
293*	1882	I	июль	10,53612	208 59,6	24 36,5	73 18,7	0,06076	—
294*	1882	II**	сентябрь	17,2 053	69 3,1	346 0,7	141 59,8	0,00775	0,99991
295	1882	III	ноябрь	12,99363	254 18,8	249 7,2	96 9,0	0,95549	0,99923
296	1883	I	февраль	18,90873	110 56,5	278 6,0	78 5,6	0,76018	—
297*	1883	II*	декабрь	25,3092	138 39,9	264 25,2	111 59,1	0,3097	—
298	1884	II	августъ	16,48083	501 2,0	5 9,0	5 27,6	1,27976	0,58421
299	1884	III	ноябрь	17,79370	172 42,5	206 18,5	25 15,7	1,57198	0,56092
300*	1885	II	августъ	5,54294	178 27,0	92 17,2	89 39,4	2,50778	1,00285
301	1885	III	августъ	10,44430	43 25,9	201 26,1	59 20,3	0,75447	—
302	1885	V	ноябрь	25,51151	35 36,8	262 12,2	42 26,6	1,07955	—
303*	1885	I†	апрѣль	5,9585	126 31,8	36 22,2	82 37,1	0,64256	1,00048
304*	1886	II†	май	3,29332	119 36,5	68 19,2	84 26,1	0,47267	1,00023
305	1886	III	май	4,45145	38 33,6	287 45,6	100 12,1	0,84196	—
306*	1886	IV	июль	6,69108	176 47,9	56 29,0	12 13,4	1,32772	0,57874
307	1886	V	июль	7,39749	201 13,4	192 42,1	87 44,4	0,27040	—
308	1886	VII	ноябрь	22,39464	315 5,6	52 28,9	3 1,7	0,99755	0,71787
309	1886	VIII	ноябрь	28,38161	31 53,3	258 12,0	85 35,3	1,18106	—
310	1886	IX	декабрь	16,50319	86 20,3	157 22,6	101 37,6	0,66332	1,00038
311*	1887	I*	январь	11,34421	65 22	339 38	137 37	0,00548	—
312	1887	II	мартъ	17,37426	139 25,3	279 55,9	104 16,3	1,63005	0,98461
313	1887	III	мартъ	28,44239	36 32,4	135 27,2	159 47,3	1,00646	—
314	1887	IV	июль	16,66988	15 8,1	215 13,4	17 33,2	1,39382	0,99609
315	1888	I	мартъ	17,00832	339 55,5	245 22,9	12 13,2	0,69878	0,99585
316	1888	III	юль	31,10166	59 8,7	101 30,2	74 12,4	0,90158	0,99788
317	1888	V	сентябрь	12,7776	290 47,0	137 31,8	56 20,9	1,52755	0,99111
318*	1889	I†	январь	31,17837	340 27,7	327 25,2	166 22,2	1,81490	1,00109
319	1889	II	июль	10,77598	236 4,8	310 42,2	163 10,4	2,25532	—

Комета Темпеля (№ 253): 1873 I мая 9,80024; 1879 III май 7,12421.

Комета Темпеля (№ 264): 1878 III сентябрь 7,26730.

Комета Фая (№ 176): 1873 III июль 18,49515; 1881 I январь 22,67174; 1888 IV августъ 19,94.

Комета Темпеля-Свифта (№ 257): 1880 IV ноябрь 8,00260.

Комета Динда (№ 107): 1871 V декабрь 28,81359; 1875 II апрѣль 12,99118; 1878 II июль 26,17398;

1881 VII ноябрь 15,50270; 1885 I мартъ 7,64113; 1888 II июль 27,99670.

Большая полуось	Время оборота въ годаль	День открытiя	Продолжительность видности въ днѣхъ	И М Я		№
				открывшаго комету	вычислившаго орбиту	
300	5200	1871 апрѣль 7	120	Виннеке.	Голечекъ.	261
—	—	1871 июль 14	98	Темпель.	Крамеръ.	262
193,5	2690	1871 ноябрь 3	109	Темпель.	Линдагень.	263
3,094	5,207	1873 июль 3	109	Темпель.	Шуагоръ.	264
225	3380	1873 августъ 30	31	Борелли.	Р. Готле.	265
—	—	1873 августъ 23	116	Поль Анри.	Вейс.	266
—	—	1873 ноябрь 10	6	Коджа.	Вейс.	267
—	—	1874 февраль 10	5	Виннеке.	Витштейнъ.	268
—	—	1874 апрѣль 11	67	Виннеке.	Венцель.	269
573	13700	1874 апрѣль 17	181	Коджа.	ф. Генслергеръ.	270
45,4	306	1874 августъ 19	87	Коджа.	Голечекъ.	271
840	24400	1874 июль 25	87	Борелли.	Грусс.	272
—	—	1871 декабрь 6	32	Борелли.	Голечекъ.	273
—	—	1877 февраль 8	54	Борелли.	Транъ.	274
731	19800	1877 апрѣль 5	99	Виннеке.	Платъ.	275
486	10718	1877 апрѣль 11	54	Свяфтъ, Бломъ.	Целанъ.	276
—	—	1877 октябрь 2	24	Темпель.	Грусс.	277
—	—	1877 сентябрь 13	88	Коджа.	Ларсень.	278
—	—	1878 июль 7	16	Свяфтъ.	Вюгнеръ.	279
—	—	1879 июль 16	68	Свяфтъ.	Кромзеръ.	280
—	—	1879 августъ 24	25	Гартвицъ.	Милосевичъ.	281
—	—	1879 августъ 21	62	А. Палла.	Лавесъ.	282
—	—	1880 февраль 4	15	—	Крейцъ.	283
—	—	1880 апрѣль 6	188	Шеберле.	И. Майеръ.	284
—	—	1880 сентябрь 29	62	Гартвицъ.	Мозель.	285
—	—	1880 декабрь 1	105	Целанъ.	Бигунданъ.	286
—	—	1881 апрѣль 30	12	Свяфтъ.	Грусс.	287
206	2934	1881 май 22	268	Тебултъ.	Гессертъ.	288
—	—	1881 июль 14	99	Шеберле.	Штехертъ.	289
—	—	1881 октябрь 4	51	Дунвинтъ.	Матисонъ.	290
1,226	8,687	1881 сентябрь 17	40	Барнардъ.	Милосевичъ.	291
72,1	612	1881 ноябрь 16	57	Свяфтъ.	Ольсонъ.	292
—	—	1882 мартъ 17	152	Умст.	ф. Рейеръ-Пашвичъ.	293
84,2	772	1882 сентябрь 1	273	—	Крейцъ.	294
1239	43600	1882 сентябрь 13	86	Барнардъ.	Возиневичъ.	295
—	—	1883 февраль 23	60	Бруксъ, Свяфтъ.	Брантъ.	296
—	—	1881 январь 7	43	Рисъ.	Г. Оппенгеймъ.	297
3,078	5,400	1884 июль 16	127	Барнардъ.	Берберихъ.	298
3,580	6,774	1884 сентябрь 17	201	Вольфъ.	Транъ.	299
—	—	1885 июль 7	48	Барнардъ.	Берберихъ.	300
—	—	1885 августъ 31	36	Бруксъ.	Голтенмюллеръ.	301
—	—	1885 декабрь 26	65	Бруксъ.	Конъ.	302
—	—	1885 декабрь 1	241	Фабри.	Моррисонъ.	303
—	—	1885 декабрь 3	235	Барнардъ.	Транъ.	304
—	—	1886 апрѣль 30	35	Бруксъ.	Челоръ.	305
3,152	5,595	1886 май 22	42	Бруксъ.	С. Оппенгеймъ.	306
—	—	1886 апрѣль 27	94	Бруксъ.	Крюгеръ.	307
3,536	6,648	1886 сентябрь 26	190	Финдей.	Пульгофъ.	308
—	—	1887 январь 23	119	Барнардъ.	Эбертъ.	309
—	—	1886 октябрь 4	205	Барнардъ.	Бундлумъ.	310
—	—	1887 январь 18	11	—	Г. Оппенгеймъ.	311
106	1090	1887 январь 22	91	Бруксъ.	Штехертъ.	312
—	—	1887 февраль 16	53	Барнардъ.	Генришусъ.	313
356	6725	1887 мартъ 12	91	Барнардъ.	Миллеръ.	314
168,2	2182	1888 февраль 18	202	Саверталь.	Теннантъ.	315
425	8760	1888 августъ 7	84	Бруксъ.	Теннантъ.	316
172	2250	1888 октябрь 30	204	Барнардъ.	Сервъ.	317
—	—	1888 сентябрь 2	735	Барнардъ.	Берберихъ.	318
—	—	1889 мартъ 31	511	Барнардъ.	Милосевичъ.	319

Комета Тутля (№ 113): 1871 III декабрь 1,80221; 1885 IV сентябрь 11,14915.  
 Комета Виннеке (№ 144): 1875 I май 12,10695; 1886 VI сентябрь 4,39161.  
 Комета Ольберса (№ 138): 1887 V октябрь 8,48531.  
 Комета Вронзена (№ 184): 1873 VI октябрь 10,48509; 1879 I мартъ 30,54133.  
 Комета д'Арре (№ 102): 1877 IV май 10,48640.  
 Комета Понса-Брукса (№ 131): 1834 I январь 25,72388

№	Прѣходъ черезъ перигелия		Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Расстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	
	годъ	среднее парижское время						
320	1889	III июль	20,75088	60° 8,1'	270° 58,1'	31° 12,8'	1,10240	0,95666
321	1889	IV* июль	19,28109	345 52,0	286 9,8	65 58,7	1,03966	0,99650
322*	1889	V сентябрь	30,33971	343 35,9	17 59,1	6 4,1	1,94984	0,47078
323	1889	VI ноябрь	29,54151	69 39,0	330 36,0	10 14,9	1,35368	0,67585
324	1890	I январь	26,48660	199 51,6	8 23,4	56 41,0	0,26974	
325*	1890	II июль	1,53952	68 56,1	320 20,7	120 33,4	1,09759	1,00041
326	1890	III июль	8,54656	85 39,6	14 18,4	63 20,1	0,76413	
327	1890	IV августъ	7,1621	331 21,8	85 22,7	154 19,0	2,04813	
328	1890	VI сентябрь	24,51453	163 2,3	100 7,2	98 56,5	1,26023	0,99915
329*	1890	VII октябрь	26,57051	13 20,1	45 5,9	12 50,7	1,81192	0,47144
330	1891	I апрѣль	27,52749	178 45,4	193 56,1	120 31,5	0,39790	
331	1891	IV ноябрь	12,9120	268 33,0	217 39,0	77 42,6	0,97687	-
332	1892	I† апрѣль	6,67194	24 32,0	240 55,5	38 42,8	1,02699	-
333	1892	II май	11,18970	129 18,6	253 25,7	89 42,1	1,97069	
334*	1892	III† июль	13,24733	14 16,8	331 39,2	20 47,2	2,14057	0,40937
335*	1892	V декабрь	10,68260	170 0,5	206 31,0	31 16,3	1,43208	0,58972
336	1892	VI декабрь	28,1044	252 42,6	264 29,5	24 47,8	0,97571	
337*	1893	I январь	6,50236	85 13,3	185 38,5	143 51,8	1,19511	
338*	1893	II† июль	7,27795	47 7,8	337 21,0	159 58,0	0,67455	0,99946

Комета Д'Арре (№ 202): 1890 V сентябрь 17,49316.

Комета Вольфа (№ 299): 1891 II сентябрь 3,43865.

Комета Эвье (№ 107): 1891 III октябрь 17,98599.

### Примѣчанія къ списку кометъ.

- 372 г. до Р. Хр. Годъ появления кометы, которая, по Эфорусу, раздѣлилась на 2 части, окончательно не установленъ. О ея сходствѣ съ большой мартовской кометою 1843 г. (№ 174) смотри часть II, § 158.
- и 3. 137 и 69 г. до Р. Хр. Эти орбиты не заслуживаютъ довѣрія, такъ какъ вычислены изъ небольшого числа китайскихъ наблюденій. Элементы относятся къ равноденствію 1850,0.
- 12 г. до Р. Хр. Полученные Пиремомъ элементы, сильно угловящіеся отъ указанныхъ въ таблицѣ, по Хинду, не представляютъ надлежащимъ образомъ имѣющихся на лицо наблюденій. Хиндъ считаетъ комету за первое достовѣрное явленіе кометы Галлея (№ 23); кромѣ того, онъ полагаетъ, что обѣ слѣдующія кометы (№№ 5 и 6) сходны съ ней. Подробности объ этомъ см. далѣе въ спискѣ периодическихъ кометъ.
- 593 г. по Р. Хр. Орбита опредѣлена по китайскимъ наблюденіямъ, которыя вовсе не даютъ широты; поэтому долготы восходящаго узла можеть быть увеличена на 180°, причѣмъ расстояние перигелия отъ узла въ этомъ случаѣ будетъ 75° 3'.
- 989 г. по Р. Хр. По Хинду, эта комета представляетъ явленіе кометы Галлея. Смотри списокъ периодическихъ кометъ.
- 1066 г. Эту комету Хиндъ опять принимаетъ за комету Галлея. См. списокъ периодическихъ кометъ.
- 124 г. Очень яркая комета. Подозрѣваемое ея сходство съ кометою 1556 г. (№ 38), по изысканіямъ Хина, оказалось очень маловѣроятнымъ.
- 1401 г. Орбита Ложке вычислена изъ совокупности европейскихъ и китайскихъ наблюденій, изъ которыхъ первый Хиндъ считаетъ незаслуживающими довѣрія, тогда какъ вторыя хорошо могутъ быть представлены элементами кометы Галлея, если принять, что ея прохожденіе черезъ перигелий имѣло мѣсто окт. 22,7.
- 1366 г. Элементы весьма сходны съ элементами кометы 1866 I (№ 251), которая находится въ связи съ метеорнымъ потокомъ Леонидовъ (часть II, § 170 и § 172), и дѣйстви-тельно элементами этой послѣдней весьма хорошо представляются наблюденія 1366 года.



Большая полуось	Время оборота в годах	День открытия	Продолжительность в дн	Продолжительность в дн	Имя		№
					открывшаго комету	наблюдавшего комету	
25,43	128,3	1889 июль	23	44	Барнарды.	Бербериха.	320
297	5127	1889 июль	19	125	Джонсон.	Бербериха.	321
3,684	7,072	1889 июль	6	556	Вульс.	Ваушингер.	322
4 175	8,53	1889 ноябрь	15	66	Свифт.	Хвидь.	323
—	—	1889 декабрь	12	35	Борелли.	Крюгер.	324
—	—	1890 март	19	687	Брукс.	Стрэнгрев.	325
—	—	1890 июль	18	26	Коджиа.	Эберт.	326
—	—	1890 ноябрь	15	59	Цона.	Ристенпарт.	327
1490	57500	1890 июль	23	107	Деннинг.	графиня Бобринская	328
3,439	6,378	1890 ноябрь	16	80	Спиталер.	Спиталер.	329
—	—	1891 март	29	132	Барнарды.	Амль.	330
—	—	1891 октябрь	2	65	Барнарды.	Фребе.	331
—	—	1892 март	6	318	Свифт.	Мисс Вентуорт.	332
—	—	1892 март	18	308	Деннинг.	Шор.	333
3,024	6,899	1892 ноябрь	3	154	(Шест) Хольмст.	Коллшюттер.	334
3,490	6,521	1892 октябрь	12	57	Барнарды.	Конель.	335
—	—	1892 август	28	288	Брукс.	Г. Опенгейм.	336
—	—	1892 ноябрь	19	220	Брукс.	Портер, Изам.	337
1254	44400	1893 июль	19	185	(Шерра).	Кромм.	338

Комета Темпеля-Свифта (№ 257): 1891 V ноябрь 14,95835, 1894 III март 23,24699.  
 Комета Финля (№ 308): 1893 III июль 12,18195.  
 Комета Виннеке (№ 144): 1892 IV июль 30,89430.

Комета, появившаяся в 808 году, также, может быть, тождественна с рассматриваемой здесь кометой.

- 1378 г. Первое вполне достоверное появление кометы Галлея. Орбита определена по китайским наблюдениям.
- 1402 г. Принадлежит здесь орбита этой большой кометы, которая была видна даже днем вблизи солнца, есть результат с орбитой простой оптики, чем точнее определены, и хотя она, насколько об этом можно судить по имеющемуся на лицо весьма ненадежному материалу, достаточно хорошо представляет движение кометы, однако, совсем не объясняет ее большой яркости.
- 1457 I. Эта комета наблюдалась только в течение 4 дней астрономом П. Тосканелли, поэтому орбита весьма сомнительна. Вследствие незначительной наклонности орбиты, Шульцгоф ставит эту комету в связь с различными новейшими кометами, которые наблюдались также в течение только короткого промежутка времени: таковы, напр., комета 1881 I (№ 140), 1873 VII (№ 267) и т. д.
- 1472 г. Орбита вычислена по наблюдениям Тосканелли, Лорри, вследствие своего преклонного возраста (75 лет), не мог дать достаточного для точных вычислений материала; ее можно бы о бы значительно исправить, пользуясь китайскими наблюдениями. 22 го января 1872 года комета приблизилась к землі на 0,05 земной полуоси элементами Чезортия, по прежним же элементам Локье даже на 0,033 земной полуоси, причем в течение одного дня описала на небѣ дугу болѣе чѣм в 40°.
- 1491 г. Орбита очень сомнительная, потому что европейские и китайские наблюдения этой кометы отчасти противоречат друг другу.
- 1499 г. 15-го августа комета приблизилась к землі на 0,04 земной полуоси
- 1506 г. По исследованиям Виннеке, на основании наблюдений могут быть представлены также орбиты кометы 1880 III (№ 283).
- 1532 г. По изысканиям Ольберса, несмотря на большое сходство элементов этой кометы с элементами кометы 1461 года (№ 50), обѣ они отличны друг от друга.
- 1533 г. Орбита определена на основании наблюдений Апитана, заключающаяся в промежуткѣ сь 18-го до 25 го июля.

39. 1558 г. Элементы основаны на вновь найденных Хенкомъ наблюденияхъ Фабрициуса, противорѣчившихъ положенію кометы, которымъ были даны ландшафтъ Гессенскимъ и которая послужила Ольберсу при его вычисленіи орбиты.
41. 1580 г. Вѣроятнѣшая орбита, полученная Шеллерупомъ, представляетъ собственно эллиптическую кривую съ временемъ оборота въ 9200 лѣтъ.
43. 1580 г. Тождественность этой кометы и кометы 1841 I (№ 177), подозреваемая Ложье и Моисъ, была провернута вслѣдованіями Леверье и Брюнова. Параболическая орбита достаточно хорошо представляетъ имѣющіеся на лицо наблюдательный материалъ.
46. 1596 г. Для разрѣшенія вопроса о тождественности этой кометы съ кометою 1845 III (№ 82), необходимо снова тщательнымъ образомъ обработать наблюдения того времени.
48. 1618 II. Кромѣ обѣихъ кометъ, появившихся въ этомъ году, видна была еще третья, орбита которой изъ недостаточности наблюдательнаго материала не была вычислена. Нѣкоторые искривки говорятъ и о большемъ числѣ (до шести) кометъ, появившихся въ этомъ году.
51. 1664 г. Вѣроятнѣшей орбитой, по Липделѣфу, является собственно гиперболическая кривая съ эксцентриситетомъ  $\epsilon = 1,0011$ ; однако, параболическая орбита тоже очень хорошо представляетъ наблюдения Гевелія. Подозрѣваемая тождественность этой кометы съ кометою 1853 I (№ 207) не подтвердился. 17-го ноября ее замѣтили въ первый разъ въ Пенаніи, хотя она уже въ началѣ февраля исчезла для невооруженнаго глаза, тѣмъ не менѣе, она могла быть наблюдаема до 29-го марта, такъ какъ въ тѣ времена стали уже входить въ употребленіе при астрономическихъ наблюденияхъ зрительныя трубы. Въ началѣ ея появленія она находилась въ противостояніи съ солнцемъ, и, кромѣ того, земля лежала приблизительно въ плоскости ея орбиты; поэтому хвостъ ея былъ почти незамѣтенъ; однако, нѣсколько времени спустя видимая и истинная длина его сильно увеличилась. Гевелій 28-го декабря описываетъ его въ видѣ широкаго навзвизного пера, и длина его въ это время была, по его мнѣнію, приблизительно вдвое больше, чѣмъ ширина; это объясняется какъ слѣдствіе положенія кометы относительно солнца и земли.
53. 1668 г. Очень большая комета, которая по своему вѣншему виду очень походила на большую мартовскую комету 1843 г. (№ 174) Здѣсь дана та орбита, которую Хендерсонъ вычислилъ еще до появленія только-что названной кометы, причемъ оказалось, что элементы этой кометы тоже достаточно хорошо представляютъ имѣющіеся на лицо наблюдения; поэтому орбита очень недостоверна.
56. 1678 г. Известна только по наблюдениямъ Лагрия, которая является не болѣе какъ простой ошибкой Леверье и Брюновъ, считаютъ тождественность этой кометы съ кометою 1841 I (№ 177) нѣ весьма сомнѣнія, такъ какъ наблюдения 1678 г. прекрасно представляются элементами только-что названной кометы, если принять во вниманіе возмущенія со стороны Юпитера за истекшія между двумя эпохами промежутокъ времени.
57. 1680 г. Энке съ большимъ стараніемъ вычислилъ изъ имѣющихся на лицо наблюдений орбиту этой известной своей величиною кометы и нашелъ, что время оборота должно превосходить нѣсколько тысячелѣтій (судя по ея вѣроятнѣшей орбитѣ, полный оборотъ комета совершаетъ въ 8300 лѣтъ; поэтому предположеніе Галлея, что время оборота составляетъ только 575 лѣтъ, невѣрно. Ея громадный хвостъ, простиравшійся въ длину на 80°, былъ узокъ и прямъ; его истинная длина равнялась болѣе чѣмъ 75 милл. километровъ. Насторъ Дерфель въ Плувиѣ, основываясь на наблюденияхъ этой кометы, впервые высказалъ вѣрное предположеніе о кометныхъ орбитахъ, а именно онъ полагалъ, что орбитами кометъ служатъ гиперболически кривыя, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце; настоящимъ комета представляла тѣ же свѣтлыя явленія, что и комета Галлея въ 1835 году. Нѣкоторыя подробности объ этой кометѣ изложены въ части II, § 157.
59. 1684 г. Эта комета 26-го июня приближалась къ землѣ на 0,17; орбита кометы въ восходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли на 0,01.
61. 1689 г. Эта комета неоднократно отождествлялась съ большою мартовскою кометою 1843 г. (№ 174), однако, по повѣншимъ изысканіямъ ея, во всякомъ случаѣ, неточныя наблюдения не представляются удовлетворительнымъ образомъ элементами только-что названной кометы.
62. 1695 г. Эта комета тоже часто ставилась въ связь съ большою мартовскою кометою 1843 г., причемъ Богуславскій показалъ, что, при прохожденіи кометы черезъ пер-

- тепѣи 24-го октября, элементы кометы 1843 года удовлетворительнымъ образомъ представляють наблюдения 1695 года. Поэтому данные въ таблицахъ элементы во всякомъ случаѣ представляются весьма сомнительными.
66. 1702 г. 19-го апрѣля приближалась къ землѣ на 0,0138.
68. 1707 г. Была видѣна 29-го ноября Манфредомъ и почти одновременно съ нимъ Станханами. Орбита ея имѣеть сходство съ орбитой кометы 1846 IV (№ 181).
69. 1718 г. Была открыта, вѣроятно, Кирхонъ.
71. 1719 г. Эта комета, изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ, имѣеть наибольшее расстояние перигелия отъ солнца. Она была открыта П. Сарабатомъ въ Нижесѣ 31-го юли 1719 г., когда ея расстояние отъ земли равнялось 5,23 земнымъ радиусамъ. Это расстояние во время послѣднихъ наблюдений Кассини въ серединѣ января 1730 года увеличилось до 5,13; въ то же время расстояние кометы отъ солнца составило 4,41. Исключая большой кометы 1811 г., изъ одну комету до 1890 г. нельзя было прослѣдить до такого большого расстоянія.
73. 1737 II. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,003.
74. 1739 г. Была открыта Занотти 28-го мая.
76. 1743 I. Наблюдения, несмотря на свою точность, обнаруживаютъ ясныя слѣды эллиптичности орбиты. Поэтому Клаузенъ принимаетъ эту комету за галактическую съ кометою 1819 IV (№ 145) и значительныя измѣненія орбиты, происшедшія въ промежуточное время, считаетъ слѣдствіемъ возмущенія отъ Юпитера въ 1758 году. По этой гипотезѣ время оборота кометы въ 1758 г. должно было составлять 6,73, а послѣ того 5,60 лѣтъ. 11-го февраля она приближалась къ землѣ на 0,051.
78. 1744 г. Краснѣйшая комета XVIII столѣтія, которая во время своей наибольшей яркости видна была въ некоторое время даже днемъ. Она обнаруживала такіе же стѣловые излученія, какъ и комета Галлея въ 1835 году. Когда послѣ ея прохожденія черезъ перигелий въ началѣ марта 1744 г. она снова вышла изъ стѣновыхъ лучей, ея громадный хвостъ былъ раздѣленъ на 7 частей, что сдѣлалось извѣстнымъ, главнымъ образомъ, благодаря рисункамъ Шезо, почему и комета часто называется кометою Шезо. Но новѣйшимъ изслѣдованіемъ Лудемаяса, Де-Мункъ видѣлъ комету уже 29-го ноября.
85. 1759 III. При проясненіи неба послѣ продолжительной пасмурной погоды, комета была замѣчена 7-го января 1760 года въ Лиссаболѣ, а 8-го въ Парижѣ, Лондонѣ, Марсели и во многихъ другихъ мѣстахъ, потому что она быстро приблизилась къ землѣ на 0,075 и въ слѣдствіе этого вдругъ сдѣлалась доступною для невооруженнаго глаза. 8-го января 1760 года звѣзда описала дугу въ 32,5°.
87. 1763 г. Орбита кометы весьма значительно приближается въ обихъ узлахъ къ орбитѣ земли, а именно: въ восходящемъ на 0,0315, въ нисходящемъ до 0,0252.
90. 1766 II. Клаузенъ и Винчестеръ предполагають, что эта комета тождественна съ кометою 1819 III (№ 144), для подтвержденія этого мнѣнія надо было бы вычислить возмущенія, идя отъ 1819 года назадъ, такъ какъ, если предположеніе справедливо, то комета въ 1800 и 1872 годахъ проходила весьма близко отъ Юпитера. Если орбита Бурхардта хотя приблизительно соответствуетъ истиннѣ, то въ 1763 году было такое значительное приближеніе кометы къ Юпитеру, что только тогда, по всей вѣроятности, орбита приняла настоящій свой видъ.
92. 1770 I. Эта комета, въ высшей степени интересна въ теоретическомъ отношеніи, обыкновенно называется кометою Лекседы, потому что Лекседъ въ Петербургѣ впервые указалъ, что она обладаетъ такимъ короткимъ временемъ оборота, каково до сихъ поръ и не подозрѣвали у кометъ, а именно въ 5 лѣтъ 7 мѣсяцевъ. О двукратномъ преобразованіи ея пути въ слѣдствіе возмущеній со стороны Юпитера и о необыкновенно значительномъ ея приближеніи къ землѣ (0,015), равно какъ и объ измѣненіяхъ ея тождественности съ кометою 1889 V (№ 332) смотри часть II, § 155. Къ этому слѣдуетъ прибавить, что, по Шварцгофу, имѣется болше оснований отождествлять съ кометою Лекседы открытую въ слѣдствіи комету 1895 II.
100. 1780 II. Очень сомнительная орбита.
103. 1783 г. Орбита, безъ сомнѣнія, эллиптическая, какъ это замѣтилъ уже Бурхардтъ. Хотя условия видимости были очень благоприятны, тѣмъ не менѣе, комета была весьма мала и слаба; поэтому понятно, что съ тѣхъ поръ ея болше не видѣли.
116. 1792 II. ДАрре доказалъ, что эта комета случайно наблюдалась въ меридианѣ Маскене-

- тяномъ 14-го февраля 1793 г. и вслѣдствіе этого во многихъ старинныхъ каталогахъ туманностей была обозначена какъ исчезающая туманность.
118. 1793 II. По обширности нынѣшнимъ П. Х. Ф. Петерса и д'Арре, эллиптическая орбита Бурхардта съ 12-тилетнимъ періодомъ обращения и некоторыя другія орбиты съ болѣе короткимъ періодомъ не могутъ быть приняты. Впрочемъ, наблюдѣніямъ удовлетворяетъ также параболическая орбита
120. 1797 г. Была замѣчена 14-го августа Буваромъ въ Парижѣ, Каролиной Гершель въ Слугѣ, Ли въ Хакноѣ, 15-го — Рюдигеромъ въ Лейпцигѣ, 16-го — Кнехтомъ въ Берлинѣ и 17-го — Флаугергесомъ; такимъ образомъ, она была открыта независимо другъ отъ друга 6 лицами. 16-го августа она приблизилась къ землѣ до 0,088, почти настолько, насколько это вообще возможно сообразно съ положеніемъ орбиты, и вслѣдствіе, несмотря на это, она была едва замѣтна для невооруженнаго глаза.
125. 1801 г. Линнъ считаетъ притязанія Ройса на открытіе этой кометы не выдерживающими критики. Наблюденія кометы начинаются только 12-го юлія; Понсомъ она была открыта 11-го юлія въ Марсели, и почти въ тотъ же самый часъ, но только двумя днями позже, открыли ее Мессье, Мешень и Буваръ въ Парижѣ.
129. 1807 г. Одна изъ красивѣйшихъ и великолѣпнѣйшихъ кометъ; своимъ блескомъ превосходила звѣзды второй величины, обладала яркимъ, рѣзко очерченнымъ ядромъ и двойнымъ хвостомъ. Съ 1769 г. не случалось ни одной кометы такой величины; между тѣмъ блескъ ея сталъ быстро уменьшаться, и уже черезъ 2 мѣсяца послѣ открытія трудно было различить ее невооруженнымъ глазомъ.
130. 1808 I. Въ 1808 году Понсомъ открылъ 5 кометъ (6-го февраля, 25-го марта, 24-го юлія, 3-го юлія и въ сентябрѣ), изъ которыхъ, однако, только двѣ, и именно кометы 25-го марта и 24-го юлія, могли быть достаточно наблюдаемы для опредѣленія ихъ орбиты.
133. 1811 I. Одна изъ красивѣйшихъ кометъ XIX столѣтія, которая по блеску и великолѣпно можетъ соперничать только съ кометою Донати (1858 VI) и съ большою кометою 1882 г., почти изъ всѣхъ до сихъ поръ появившихся кометъ она была наблюдаема дольше всѣхъ. Разстояніе ея отъ земли достигло уже 1,3 земной полуоси, а разстояніе отъ солнца составило 4,51, когда Вишневецки видѣлъ ее послѣдній разъ.
142. 1818 III. Розенбергеръ и Шеркъ вычислили также гиперболическую орбиту съ эксцентриситетомъ  $e = 1,01162$ , которая, однако, представляетъ наблюдѣнію не лучше, чѣмъ приведенная въ таблицахъ вѣроятнѣйшая параболическая орбита.
143. 1819 II. Эта большая комета въ сѣверномъ полушаріи появилась внезапно въ началѣ юлія, судя по вычисленіямъ, 26-го юлія прошла мимо солнечнаго диска.
145. 1819 IV. Уклоненіе орбиты отъ параболической кривой незамѣтно, но вслѣдствіе недостаточности наблюдѣній продолжительность времени оборота не можетъ быть опредѣлена точно. Многие старались доказать ея истинность съ различными другими кометами; такъ Клаузенъ съ кометою 1743 I (№ 76), астрономы Ложье и Мовль съ кометами 1585, 1678, 1770 I и 1844 I (№№ 43, 56, 93 и 177)
146. 1821 г. Почти одновременно была открыта еще Ближнеюмъ, Ольберсомъ и Вазъбекомъ.
148. 1822 III. 18-го юнія приближалась къ землѣ до 0,14.
150. 1823 г. Въ особенности замѣчательна тѣмъ, что съ 22-го до 31-го января имѣла 2 хвоста. Солнце короткий и болѣе яркий хвостъ имѣлъ въ длину 4° и былъ направленъ въ сторону, противоположную солнцу; болѣе длинный простирался на 7°, былъ направленъ къ солнцу и составлялъ съ первымъ тупой уголъ приблизительно въ 160°.
157. 1826 III. Флаугергесъ принялъ ее за комету Везелы незадолго передъ тѣмъ открытую астрономомъ Везелой и Гамбаромъ (№ 95), и потому вслѣдствіе ея слабой яркости не продолжалъ своихъ наблюдѣній. Орбита не заслуживаетъ никакого довѣрія.
159. 1826 V. Комета раннимъ утромъ 18-го ноября прошла между солнцемъ и землею; во время ея прохожденія Гамбаръ какъ-разъ наблюдалъ солнце, но кометы на немъ не видѣлъ.
162. 1827 III. Последняя изъ многочисленныхъ кометъ, открытыхъ Понсомъ, который умеръ во Флоренціи 21-го октября 1831 года. Его первое открытіе кометы было сдѣлано въ 1801 году (№ 125) или 1802 году (№ 126), смотря потому, признавать ли притязанія Ройса на открытіе кометы 1801 года или нѣтъ.
166. 1833 г. Орбита кометы представляетъ новый примѣръ приближенія къ земной орбитѣ въ обоихъ узлахъ. Разстояніе обѣихъ орбитъ въ восходящемъ узлѣ составляетъ 0,002, въ нисходящемъ 0,186.

174. 1843 I. Знаменитая мартовская комета 1843 года. Подробности объ этомъ интересномъ небесномъ тѣлѣ смотри въ части II, § 157.
177. 1844 I. Подробности объ этой кометѣ и о ея предполагаемой тождественности съ кометами 1894 IV № 342 и 1678 № 53 см. въ части II, § 153.
179. 1841 III. Гиперболическій характеръ орбиты сомнителенъ.
182. 1845 III. Время оборота принято въ 249,5 дѣтъ, такъ какъ тождественность ея съ кометою 1596 (№ 46) довольно вѣроятна.
187. 1846 VI. Эллиптичность орбиты несомнѣнна; время же оборота не можетъ быть точно вычислено изъ немногихъ наблюдений, охватывающихъ короткую дугу.
188. 1846 VII. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,05.
189. 1846 VIII. Сходство видимыхъ путей этой кометы и кометы 1847 V побудило Вальца считать ихъ частями одной раздробившейся кометы мысли, которую Хвѣкъ впоследствии развилъ въ своихъ кометныхъ системахъ.
190. 1847 I. Въ день прохождения черезъ перигелий могла быть наблюдаема Хвѣкомъ въ полдень въ непосредственной близости солнца.
192. 1847 III. Обнаружила особенныя измѣненія яркости. Достигла перигелия приблизительно на 10 минутъ раньше тѣмъ слѣдующая.
195. 1847 VI. Въ теченіе слѣдующаго дня была открыта также де-Вико, Довесомъ и г-жей Рюмкеръ.
201. 1850 II. Была независимо открыта пятью лицами: 29-го августа Бондомъ, 5-го сентября — Врорзеюмъ, 9-го сентября — Мова и Робертсономъ, наконецъ, 14-го сентября — Клаузенъ.
205. 1852 II. 24-го мая прошла въ разстояніи около 1° отъ полюса.
208. 1853 II. Между 28-мъ и 29-мъ апрѣля приблизилась къ землѣ до 0,085 и поэтому въ южномъ полушаріи представляла довольно пыльное явленіе.
209. 1853 III. Предсказанное на конецъ августа, блестящее развитіе этой большой кометы привлекло вниманіе всѣхъ на вечернее небо. Хвостъ былъ длиною отъ 15° до 20°. Эту комету I. Ф. Шмидтъ видѣлъ во время прохождения черезъ перигелий двумя невооруженнымъ глазомъ и наблюдалъ ее, подобно Хвѣтуту, вблизи солнца.
212. 1854 II. I. Ф. Шмидтъ наблюдалъ ее двумя въ теде коня.
214. 1854 IV. Эта комета была открыта, по крайней мѣрѣ, 6 астрономами: 11-го сентября ее замѣтилъ Клянкерфусъ, 12-го — Брунсъ, 13-го — ванъ-Арсдаль, 18-го — Донати и миссъ Митчелъ; наконецъ, 21-го — Гусевъ.
226. 1858 VI. Эта большая яркая комета, которая по величинѣ не имѣетъ себѣ равныхъ въ XIX столѣтіи, подробно описана въ части II, § 160.
229. 1860 I. Открыта астрономомъ Пизе Оливей въ Бразиліи, къ сожалѣнію, лишь въ одной изъ послѣднихъ дней ея видимости, хотя уже за 2 мѣсяца раньше ее можно было бы наблюдать даже въ сѣверномъ полушаріи. Это тѣмъ болѣе досадно, что эта комета представляла второй замѣчательный примѣръ раздвоенія такихъ свѣтъ. Разстояніе между обоими ядрами, изъ которыхъ сѣверное было гораздо слабѣе, составляло, по изслѣдованіямъ Пекюле, 0,0025 земной полуоси, что приблизительно равняется разстоянію луны отъ земли, и во все время видимости кометы почти не мѣнялось.
232. 1860 IV. Орбита очень сомнительна, такъ какъ комета наблюдалась только въ теченіе трехъ дней подрядъ и притомъ весьма неточно.
233. 1861 I. Эта комета замѣчательна какъ своимъ короткимъ временемъ оборота, такъ и своею связью съ дождемъ метеоровъ 20-го апрѣля.
234. 1861 II. Подробныя свѣдѣнія объ особенномъ положеніи орбиты этой кометы, замѣчательной огромной величиною своего хвоста, и объ измѣненіяхъ, происходившихъ въ ея оболочкахъ, изложены въ части II, § 161.
237. 1862 III. Впервые была открыта, вѣроятно, Свинфтомъ 15-го юля въ Марафонѣ, причѣмъ онъ предполагалъ, что видитъ комету 1862 II (№ 263), находившуюся тогда недалеко отъ этого мѣста. Затѣмъ комета независимо была открыта: 18-го юля Тутземъ и Симонсомъ, 22-го юля Пачинотти и Туссеномъ, 25-го юля Роза, 26-го юля Шьельерупомъ и 1-го августа Буларомъ. О замѣчательныхъ периодическихъ измѣненіяхъ яркости ядра кометы и о ея связи съ метеорнымъ потокомъ Пересидъ см. часть II, § 147 и § 172.
241. 1863 III. Эта комета открыта пятью астрономами: 12-го апрѣля ее замѣтилъ Респиги, 13-го — Векеръ, 16-го — Виннеке и Темпель и 18-го — Карлинскій.

249. 1864 V. Эта комета постепенно как бы испарялась.
250. 1865 I. Красивая комета, которую в середине января внезапно показались в южном полушарии; блеском она напоминала большую комету Д о н а т и. Съ середины февраля яркость ее стала быстро уменьшаться.
251. 1866 I. Изъ всѣхъ кометъ, обладающихъ обратнымъ движениемъ, эта комета отличается самымъ долгимъ временемъ оборота; кромѣ того, она замѣчательна своей связью съ наблюдаемымъ въ серединѣ ноября метеорнымъ потокомъ.
253. 1867 II. Изъ четырехъ кометъ короткаго періода, открытыхъ Т е м п е л е мъ (1866 I, 1867 II, 1869 III и 1873 II), эта комета называется первой периодической кометою Г е м п е л я, такъ какъ новое возвращеніе ее къ солнцу наблюдалось равнѣе остальныхъ. На основаніи этого принципа, комета 1869 III получила название третьей периодической кометы Т е м п е л я, такъ какъ периодичность ее была обнаружена С в и ф т о мъ, который открылъ ее въ 1880 году, уже послѣ того, какъ благодаря возвращенію кометы 1873 II, въ 1878 году была установлена продолжительность періода обращенія этой послѣдней.
262. 1871 II. Вслѣдствіе приближенія кометы къ землѣ яркость ее должна была увеличиваться до середины октября; въ дѣйствительности же яркость ее такъ сильно ослабѣвала, что уже 2-го сентября комета исчезла совершенно. При этомъ вопиѣе обнаружилось, что свѣтовія явленія у кометъ не подчиняются обычнымъ законамъ.
267. 1873 VII D. Вѣдь съ установилъ тождественность этой кометы съ кометою 1818 I, которая наблюдалась, къ сожалѣнію, лишь въ теченіе небольшого промежутка времени, и считаетъ періодъ ея обращенія равнымъ 6,2 годамъ. При такомъ предположеніи не только орбита кометы приближается къ орбитѣ Юпитера до 0,001, но, кромѣ того, въ 1770 году дѣйствительно имѣло мѣсто значительное сближеніе этихъ двухъ небесныхъ тѣлъ. Поддѣвншія болѣе подробныя изысканія П у лъ г о ф а привели къ тому же результату. Несмотря на это, въ таблицѣ приведенъ параболическая орбита, потому что изъ шестидневныхъ наблюдѣній нельзя вычислить отклоненія орбиты отъ параболической кривой.
270. 1874 III. Подробности объ этой интересной кометѣ изложены въ части II, § 162.
272. 1874 V. Обнаружила замѣтныя колебанія яркости.
274. 1877 I. Въ время своей близости къ землѣ (самое короткое разстояніе было мѣсто 17 февраля, когда оно равнялось 0,28), была видима невооруженнымъ глазомъ, причѣмъ двигалась съ такою быстротою, что съ 12-го до 4-го февраля прошла почти половину всего сѣвернаго полушарія неба.
275. 1877 II. Кромѣ главнаго хвоста, направленнаго въ сторону, противоположную солнцу, длиною приблизительно въ 1°. комета долгое время обладала орбитнымъ побочнымъ хвостомъ, наклоненнымъ къ первому подъ угломъ въ 60° и простиравшимся въ длину всего на 0,5°.
277. 1877 V. Была открыта въ сѣверномъ полушаріи незадолго до своего исчезновенія, причѣмъ до открытія, несмотря на гораздо болѣе благоприятныя условія видимости, она оставалась незамѣченной цѣлыя полгода.
280. 1879 II. Видимый путь этой довольно слабой кометы замѣчательнѣе тѣмъ, что она прошла почти черезъ самый сѣверный полюсъ, причѣмъ наименьшее полярное разстояніе кометы составляло всего только нѣсколько секундъ.
283. 1880 I. Подробности объ этой интересной кометѣ смотри въ части II, § 158.
286. 1880 V. Была открыта астрономомъ Ц е лъ о мъ въ время полнаго луннаго затмѣнія 16 декабря 1880 года.
290. 1881 V. Была открыта, къ сожалѣнію, только около времени своего исчезновенія, между тѣмъ какъ въ южномъ полушаріи должна была представлять собою весьма блестящее свѣтило въ началѣ августа, когда ея яркость была въ 28 разъ больше, чѣмъ во время отлгата ея Д е н н и н г о мъ. Ея орбита приближается къ орбитѣ Венеры на 0,023, къ орбитѣ земли на 0,03, къ орбитѣ Марса на 0,06 и къ орбитѣ Юпитера на 0,145. Поэтому комета должна часто испытывать сильныя возмущенія.
293. 1882 I. Во время своего прохожденія черезъ перигелий могла быть наблюдаема даже днемъ. Обѣ измѣненія, которыя испытывала ея спектръ во время приближенія къ солнцу, и о вынодахъ, которые можно было сдѣлать отсюда, смотри часть II, § 159.
294. 1882 II. Эта великолѣпная комета внезапно появилась въ южномъ полушаріи вскорѣ послѣ того, какъ исчезла предыдущая. Благодаря массѣ пыли, до тѣхъ поръ никогда невиданныхъ физическихъ особенностей, замѣченныхъ на ней, и благодаря тому, что наблюденія надъ кометою производились при помощи портативныхъ вспомогательныхъ средствъ, она составляетъ эпоху въ исторіи астрономіи. Подробности объ этой кометѣ смотри въ части II, § 159.

297. 1883 II. Открыта только послѣ своего прохожденія черезъ перигелий въ южномъ полушаріи, хотя раньше ее можно было видѣть въ сѣверномъ полушаріи.
300. 1885 II. Послѣ кометы 1729 (№ 71) обладаетъ наибольшимъ разстояніемъ перигелия отъ солнца.
303. 1886 I. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,2, и такъ какъ комета прошла черезъ этотъ узелъ 29 апрѣля, а земля достигла соответственной точки своей орбиты лишь на  $2\frac{1}{2}$  дня раньше, то яркость кометы въ это время была приблизительно въ тысячу разъ болѣе, чѣмъ во время ея открытія, почему комета и была видна въ это время невооруженнымъ глазомъ и представляла собою весьма замѣчательный небесный предметъ.
304. 1886 II. Условія видимости для этой кометы были столь же благоприятны, какъ и для предшествующей. Она прошла 20 мая черезъ нисходящій узелъ, который лежитъ внутри земной орбиты въ разстояніи, равномъ 0,38 земнаго радиуса, отъ этой послѣдней, а 9 дней спустя земля достигла соответственной точки своей орбиты. Поэтому она также была видна невооруженнымъ глазомъ, такъ что жители нашего полушарія въ концѣ апрѣля имѣли возможность наслаждаться рѣдкимъ зрѣлищемъ двухъ красивыхъ кометъ, находившихся недалеко другъ отъ друга. Орбита этой кометы несомнѣнно гиперболическая; по изслѣдованіямъ Трэнна, этотъ характеръ она получила только въ нашей солнечной системѣ подъ вліяніемъ возмущенія со стороны планеты (сравни часть II, § 171).
306. 1886 IV. Во время вторичнаго своего появленія (въ началѣ 1892 г.) комета не была видна, по всей вѣроятности, только вслѣдствіе неблагоприятныхъ условий видимости.
310. 1886 IX. Въ срединѣ декабря у кометы крошѣ главнаго хвоста, длиною въ  $10^\circ$ , былъ замѣтенъ короткий побочный хвостъ, наклоненный къ главному подъ угломъ въ  $50^\circ$ , и даже можно было прослѣдить признаки третьяго хвоста.
311. 1887 I. Повидимому, находится въ связи съ группою кометъ: 1843 I, 1880 I и 1882 II. Поэтому очень досадно, что благодаря чрезвычайно быстрому ослабленію ея яркости, она могла быть наблюдаема только въ теченіе нѣсколькихъ дней.
318. 1889 I. 1890 I и 1891 годы останутся памятными въ исторіи кометъ, потому что въ теченіе этого периода времени, благодаря сильнымъ оптическимъ средствамъ нашего времени, удалось не только наблюдать одну послѣ другой 4 довольно слабыя кометы (1889 I, 1889 II, 1889 V и 1890 II), но и прослѣдить ихъ движеніе до такихъ большихъ разстояній, что прежде это оказывалось возможнымъ исключительно относительно огромнѣйшихъ кометъ (кометы 1811 I и 1729).
322. 1889 V. При своемъ возвращеніи къ перигелию (4 ноября 1896 г.) она была вновь найдена Явеллемъ недалеко отъ того мѣста, которое она должна была занимать согласно съ вычисленіями Бауши и Герра. Очень интересное изысканіе, касающееся этой кометы, подробно изложено въ части II, § 155.
325. 1890 II. Орбита несомнѣнно гиперболическая. По изысканіямъ Штрёмгренна, такой характеръ орбита этой кометы, совершенно такъ-же, какъ и орбита кометы 1886 II (№ 304), приобрѣла только подъ вліяніемъ возмущеній со стороны планетъ внутри нашей солнечной системы.
329. 1890 VII. Была открыта Шпитцеромъ при розыскахъ открытой за день передъ тѣмъ кометы 1890 IV, вблизи которой на небесной сферѣ она находилась въ то время.
334. 1892 III. Подробности объ этой кометѣ, одной изъ самыхъ замѣчательныхъ, которая когда-либо появлялась, находятся въ части II, § 156. Орбита представляетъ собою эллиптическую кривую съ наименьшимъ эксцентриситетомъ среди всѣхъ известныхъ намъ кометъ.
335. 1892 V. Первая комета, открытая фотографическимъ путемъ. Орбита ея приближается къ орбитѣ Марса до 0,012 и къ орбитѣ Юпитера до 0,07, такъ какъ орбита кометы Вольфа (1884 III) приближается къ орбитѣ Юпитера въ той же части неба, то Шульгофъ считаетъ обѣ эти кометы за осколки одной, распавшейся въ этомъ мѣстѣ на вѣскольکو частей.
337. 1893 I. Замѣчательно, что во время открытія этой кометы была видна на небѣ еще пять другихъ, а именно: №№ 332—336; однако, всѣ эти кометы принадлежать къ числу телескопическихъ.
338. 1893 II. Сьерра считала ее за комету Финляея (1893 III), которая около этого времени должна была возвратиться къ перигелию, и поэтому не извѣстивъ ученый мѣръ о своемъ открытіи. Вслѣдствіе сильнаго увеличенія яркости кометы въ началѣ августа почти одновременно была открыта невооруженнымъ глазомъ во многихъ мѣстахъ.

• *Примѣчаніе.* Свѣдѣнія о нѣкоторыхъ кометахъ, появившихся позже 1893 года, читатель найдетъ въ текстѣ книги въ главѣ о кометахъ, а также и въ помѣщенномъ въ нее спискѣ периодическихъ кометъ.

**Сопоставленіе періодическихъ кометъ, которыя наблюдались не менѣе какъ въ двухъ прохожденіяхъ черезъ перигелий.**

Прѣходженіе черезъ перигелий		Расст. отъ перигелия отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Расстояніе перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
<b>1. № 23. Комета Галлея.</b>							
12 <sup>го</sup> до Р. Х.	октябрь	3,80	108°	23°	170°	0,58	Хиндъ.
66* до Р. Х.	январь	11,2	67 40'	32 40'	139 30'	0,415	Хиндъ.
141*	мартъ	29,1	120 55	12 50	163 0	0,720	Хиндъ.
989*	сентябрь	12,0	180	84	163 0	0,568	Бурхардъ.
1066**	апрѣль	1,0	120 55	25 50	163 0	0,720	Хиндъ.
1378*	ноябрь	8,77	107 46	47 17	162 4	0,584	Лождь.
1456*	июнь	8,209	104 19,3	43 46,1	162 22,6	0,5803	0,9678 Челорпа
1531*	августъ	24,804	107 16	49 25	162 4	0,5670	— Галлей.
1607	октябрь	2,9920	106 45,0	47 48,7	162 40,0	0,58507	0,96739 Галлей.
1835 III	ноябрь	15,94530	110 38,5	55 10,0	162 14,9	0,58657	0,96739 Вестфаленъ.

Элементы кометъ 12-го года до Р. Х., 66, 141, 989 и 1301 годовъ послѣ Р. Х. вычислены почти исключительно по китайскимъ наблюденіямъ. Однако, они настолько сходны съ элементами кометы Галлея, что Хиндъ склоненъ считать ихъ за прежнія прохожденія названной кометы черезъ перигелий, тѣмъ болѣе, что въ указанныя годы комета Галлея действительно должна была проходить черезъ перигелий.

10 возвращеній кометы Галлея къ перигелию между 141 и 989 годами послѣ Р. Х. должны были произойти по Хинду: 218 г. апрѣля 6, 295 г. въ началѣ апрѣля, 373 г. въ началѣ ноября, 451 г. юня 3,5, 530 г. или 531 г. въ началѣ ноября, 608 г. въ концѣ октября, 684 г. въ серединѣ октября, 760 г. юня 11, 837 г. и 911 г. въ началѣ апрѣля. Китайскія лѣтописи, и также частью европейскія хроникис действительно упоминаютъ о появленіяхъ значительныхъ кометъ въ эти годы; однако, эти данныя слишкомъ скудны, чтобы на нихъ можно было основывать точныя вычисленія орбиты; вследствие этого Хиндъ долженъ былъ удовольствоваться указаніемъ, что элементы кометы Галлея, принимая во вниманіе вышеупомянутыя прохожденія черезъ перигелий, не противорѣчатъ скуднымъ дошедшимъ до нашего времени свѣдѣніямъ о вышеупомянутыхъ кометахъ. Такъ какъ при предположеніи, что сдѣлающее за 1066 годовъ прохожденіе черезъ перигелий кометы Галлея имѣло мѣсто 19 апрѣля 1145 г., какъ европейскія, такъ и китайскія наблюденія большой кометы этого года вполне хорошо представляются элементами кометы Галлея, и такъ какъ тѣ же элементы удовлетворяютъ небольшому числу наблюденій кометы 1223 г. при предположеніи, что черезъ перигелий комета прошла въ юлѣ, то оказывается, что комета Галлея была видима при каждомъ своемъ возвращеніи къ солнцу, начиная съ 12-го года до Р. Х.

На 1378 годъ падаетъ первое вполне достовѣрное появленіе кометы Галлея. Указанную въ таблицѣ орбиту Лождь вычислилъ въ 1846 г. на основаніи китайскихъ и европейскихъ наблюденій. Орбита кометы для ея появленія въ 1456 г. вычислена изъ наблюденій Госканиелли, которыя были найдены только въ 1864 г.

Орбита 1531 г. взята изъ «Tabulae astronomicae» Галлея, въ которыхъ онъ даетъ также списокъ 24-хъ вычисленныхъ имъ орбитъ кометъ. Его списокъ вообще является первымъ спискомъ кометъ. Орбита кометы для 1607 года заимствована изъ сочиненія Галлея «De stellis cometarum in orbibus e Herschels», въ которомъ содержится указаніе на періодичность этой кометы и предсказаніе ея возвращенія въ 1759 году. Последнее появленіе кометы имѣло мѣсто въ 1835 году. Судя по измѣненіямъ Понтекулана, новое возвращеніе кометы къ перигелию произойдетъ 24 мая 1910 года. Такимъ образомъ въ настоящее время, время оборота составляетъ



только 74,5 г. Относительно дальнейших подробностей об этой интересной комете см. часть II, §§ 140—146.

Прохождение через перигелий		Расстояние перигелия от ула	Полная высота от ула	Наклонности	Расстояние перигелия от солнца	Эксцентриситет	Вычислитель
год	среднее приближенное время						
<b>2. № 95. Комета Биэлы.</b>							
1772	февраль 20,12740	217' 40,1"	252° 25,9'	18° 51,1'	1,02812	—	Бессель
1806 I	январь 2,44109	218	1,7	251 28,4	12 43,2	0,91179	Гаусь
1826 I	март 18,45311	218 21,5	251 27,3	13 33,9	0,90212	0,71600	Гаусь
1846 II A	февраль 10,99966	223 8,6	245 54,2	12 31,9	0,85645	0,75666	Губарь.
B	февраль 11,08264	223 8,6	245 54,3	12 31,9	0,85647	0,75661	Губарь.
1852 III A	сентябрь 23,71388	223 16,9	245 51,1	12 33,3	0,86060	0,75592	Губарь.
B	сентябрь 23,06316	223 16,8	245 51,5	12 33,3	0,86062	0,75587	Губарь.

Эта комета была открыта 3 раза, прежде чем с несомнительностью была обнаружена ее периодичность. Ее первым открытием в 1772 году мы обязаны Монтеню, и именно из его наблюдений и из наблюдений Мессье была вычислена первая указанная в таблице орбита. Во время следующих четырех прохождений через перигелий она не была замечена, и только 10 ноября 1805 г. она была снова открыта Понсом. При этом появлении она приближалась к землѣ 9 декабря на 0,0366 и тогда была видима невооруженнымъ глазомъ, но, къ сожалѣнію, въ скоромъ времени она исчезла для сѣвернаго полушарія. Хотя Гауссъ показалъ, что эллиптическая орбита съ периодомъ обращения болѣе трехъ лѣтъ лучше согласуется съ наблюдениями, чѣмъ параболическая, и хотя онъ вычислилъ изъ наблюдений вышеуказанную орбиту, съ большою полусью, равную 2,82, и съ временемъ оборота въ 4,7 года, тѣмъ не менѣе, на это не было обращено должнаго вниманія. Это объясняется, съ одной стороны, тѣмъ, что въ то время такое короткое время оборота кометы казалось совершенно нехарактернымъ, а съ другой стороны тѣмъ, что Гауссъ считалъ ее тождество съ кометою 1772 года с миллионнымъ. Дѣйствительно, эта комета въ май и юнѣ 1794 года очень близко подходила къ Юпитеру, и ее орбита при этомъ претерпѣла сильнѣйшія возмущенія, хотя, впрочемъ, съ точностью это могло бы быть обнаружено только послѣ опредѣленія ея истиннаго періода обращения. Такимъ образомъ, комета снова была незамѣчена во время двухъ следующихъ прохожденій черезъ перигелий, и она снова была открыта въ 1826 году Биэлой 26 февраля и Гамбаромъ 9 марта. При следующемъ возвращеніи въ солнцу комета была замѣчена въ октябрѣ 1832 года. Въ 1839 году кометы никто не наблюдалъ вследствие неблагоприятныхъ условій ея видимости; въ 1846 году она раздѣлилась на двѣ части, въ 1852 году снова возвратилась къ солнцу въ видѣ двойной кометы и съ тѣхъ поръ, кажется, окончательно исчезла. Подробнѣе обо всемъ этомъ говорится въ части II, § 149. Время оборота кометы въ 1852 году составляло 6,02 лѣтъ.

Вышеприведенные элементы для обѣихъ головъ кометы Биэлы (A и B) вычислены въ томъ предположеніи, что A есть голова, двигавшаяся въ 1852 году впередъ.

**3. № 107. Комета Энке.**

1786 I	январь 30,88	182° 30'	331° 8'	13° 36'	0,335	0,818	Энке.
1795	декабрь 21,44748	182 2,0	334 39,4	13 42,5	0,33443	0,81888	Энке.
1819 I	январь 27,25726	182 2,6	334 33,7	13 37,0	0,33518	0,81861	Энке.
1855 III	юль 1,04121	183 26,9	334 24,3	13 8,1	0,33724	0,81743	Ф. Астен.
1891 III	октябрь 17,98599	183 57,3	334 11,5	12 55,0	0,34017	0,81647	Баклундъ.
1893 I	февраль 1	176 2,5	334 14,9	12 44,4	0,341	0,81619	Баклундъ.
1898 III	май 26,8	176 1,0	334 16,7	12 54,6	0,341	0,81634	Ильмовъ.
1901 II	сентябрь 15,2	183 59,0	334 19,0	12 53,6	0,343	0,81558	Лонбертъ.

Исторія этой кометы, равно какъ и интересныя изысканія, касающіяся наблюдаемыхъ неправильностей ея движенія, изложены въ части II, § 148. Со времени открытій ея периодичности въ 1819 году она уже 26 разъ возвращалась къ перигелию и была при этомъ каждый разъ видима. Время ея оборота составляетъ 3,31 года.

**4. № 118. Комета Туттла.**

1790 II	январь 30,87628	207 54,4'	268° 36,6'	54° 6,4'	1,04438	0,81933	Туттлеръ.
1858 I	февраль 23,52586	206 48,2	269 3,1	54 21,1	1,02555	0,82121	Рателъ.
1885 IV	сентябрь 11,14915	206 47,0	269 12,0	54 19,8	1,02473	0,82154	Рателъ.

Периодичность кометы со временем оборота въ 13,75 лѣтъ, была обнаружена послѣ того, какъ она, послѣ пяти оставшихся незамѣченными возвращеній ея къ солнцу, была открыта во второй разъ въ 1858 году Туттломъ (4 января) и Брунсомъ (11 января). Приведенные элементы для ея познания въ 1858 и 1885 годахъ получены изъ совокупности всѣхъ наблюдений произведенныхъ надъ кометою въ 1858 и 1885 годахъ; поэтому они различаются другъ отъ друга только возмущеніями за промежуточное время.

Прохождение черезъ перигелия		Расстояние изъ перигелия отъ ула	Длина исходящаго ула	Наклонность	Расстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее параллельное время						

### 5. № 135. Комета Понса-Брукса.

1812 †	сентябрь	13,33210	195°19,1'	253° 0,7'	73°57,6'	0,77712	0,95558	Шульгофъ и
1884 †	январь	25,72388	190 11,6	251 5,7	74 2,6	0,77573	0,95500	Боссертъ.

Вышеприведенные элементы, полученные Шульгофомъ и Боссертомъ послѣ тщательной обработки всѣхъ наблюдений, произведенныхъ во время перваго появленія кометы, прекрасно представляютъ наблюдения. 1 сентября 1883 года эта комета снова совершенно неожиданно была открыта Бруксомъ. При этомъ оказалось, что возмущенія со стороны планетъ ускорили движеніе кометы причѣмъ періодъ обращенія уменьшился на 445 дней и сдѣлался равнымъ 71,4 годамъ. Особенно замѣчательны были многократныя внезапныя измѣненія, происходившія въ формѣ и величинѣ кометы, во время приближенія ея къ перигелию.

### 6. № 138. Комета Ольберса.

1815 †	апрѣль	25,99943	65°33,3'	83°28,8'	44°29,9'	1,21283	0,93115	Гиншель.
1887 †		октябрь	8,48531	65 20,2	84 32,3	44 34,3	1,19912	0,93113

Возвращеніе этой кометы къ перигелию послѣдowało на 0,81 года позже, чѣмъ этого можно было ожидать на основаніи вѣроятнаго системы элементовъ, вычисленной изъ всѣхъ наблюдений 1815 года. Эта комета, подобно предыдущей, была открыта случайно Бруксомъ 24 августа 1887 года. Возмущенія со стороны планетъ съ 1815 года уменьшили время оборота кометы на 837 дней или на 2 $\frac{1}{2}$  года.

### 7. № 144. Комета Вилънеке.

1819 III	юль	18,90670	161°30,1'	113°10,8'	10°42,8'	0,77361	0,75510	Энке.
1858 II	май	2,04471	162 7,1	113 31,8	10 48,2	0,7 896	0,75484	ф. Опшлицеръ.
1892 IV	юнь	30,89430	172 6,5	104 1,6	14 31,6	0,88 50	0,72599	ф. Гердтъ.
1898 II	мартъ	20,5	173 21,5	100 53,2	16 59,6	0,924	0,71168	ф. Гердтъ.

Вышеприведенная эллиптическая орбита, вычисленная астрономомъ Энке изъ наблюдений, охватывающихъ только 36-дневный промежутокъ, оказалась весьма точной, когда комета вторично была открыта 8 марта 1858 года, послѣ совершенныхъ ею 4 полныхъ оборотовъ. Большия возмущенія, которыя испытала эта комета послѣ 1858 года подѣйствіемъ Юпитера, Гердтъ воспользовался для точнаго опредѣленія массы Юпитера. Время оборота кометы составляетъ теперь 5,82 лѣтъ.

### 8. № 176. Комета Флэ.

1843 III	октябрь	17,13672	200° 3,9'	209°29,1'	11°22 5'	1,69223	0,55583	Медлеръ.
1888 IV	августъ	19,94	201 13,1	209 35,4	11 19,7	1,73814	0,54902	Медлеръ.

Къ тому что было сообщено въ части II, § 151, объ этой слабой кометѣ съ временемъ ея въ 1,5 лѣтъ, здѣсь больше ничего не остается добавить.

### 9. № 184. Комета Брорсона.

1840	апрѣль	30,19	8° 8'	103°42'	46°19'	0,7152	0,7608	Гарнеръ.	
1846 III		февраль	25,375	13 46,6'	102 41,7	30 55,3	0,65013	0,79307	Брунсъ.
1879 I		мартъ	30,54133	14 55,1	101 19,0	29 23,2	0,58984	0,80984	Лампъ.

Хотя орбита этой кометы уже была известна изъ наблюдений 1846 года, тѣмъ не менѣе комета не могла быть при ея возвращеніи къ перигелию въ 1851 г., и она была снова открыта Брунсомъ въ 1857 году (мартъ 18). Далѣе, розыскъ этой кометы во время ея возвращеній къ перигелию въ 1884, 1890, 1895 и 1900 годахъ оказались безуспѣшными. Подробности объ этой

кометы вложены в часть II, § 154. Время оборота при последнем ее появлении составило 5,4 года. Уже вскоре послѣ ея открытія Д'Арре обратилъ внимание на то, что комета можетъ значительно приблизиться къ Юпитеру. Такое приближеніе имѣло мѣсто, напримеръ, на нѣсколько лѣтъ до ея открытія, а именно 27 мая 1842 года, когда она приблизилась къ Юпитеру на 0,055.

Вліяніе этого приближенія на орбиту кометы было исследовано Гарцнеромъ, который получилъ вышеприведенные первые элементы орбиты этой кометы. Изъ исследований Гарцера выстаетъ даѣе, что въ 1759 и 1760 годахъ комета также очень близко подходила къ Юпитеру, и вѣроятно только тогда ея орбита получила свой настоящій характеръ. Даѣе, Гарцнеромъ и Д'Арре было указано, что въ 1935 году должно совершиться вторичное преобразование ея орбиты, если только къ тому времени комета не прекратитъ своего существованія.

Прохождение черезъ перигелия		Расстояние перигелия отъ солнца	Дистанція восточнаго угла	Наклоненіе	Радиусъ перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее наиболѣе время						

10. № 202. Комета Д'Арре.

1851 II	ноябрь	8,68045	174°31,0'	148°43,3'	13°53,2'	1,17331	0,65928	Лаво.
1890 V	сентябрь	17,49316	172°58,0'	146°16,5'	15°12,7'	1,32404	0,62715	Лаво.

Время ея оборота въ 6,4 года, опредѣленное изъ вычисленій уже скоро послѣ ея открытія, получило полное подтвержденіе благодаря въ действительности послѣдовавшему ея возвращенію въ 1857 году. Эта слабая комета была съ тѣхъ поръ на людема въ четырехъ появленіяхъ въ 1870, 1877, 1890 и 1897 годахъ. Значительная разница между орбитами вышеприведенными системами элементовъ происходитъ отъ сильныхъ возмущеній со стороны Юпитера, къ которому комета близко подходила въ апрѣлѣ 1861 года.

11. № 253. Комета Темпеля.

1867 II	май	23,92690	134°58,4'	101°10,2'	6°24,5'	1,36356	0,50971	Р. Готье.
1873 I	май	9,80024	159°19,1'	78°43,8'	9°16,0'	1,77117	0,46262	Р. Готье.
1879 III	май	7,12421	159°29,6'	78°15,9'	9°16,1'	1,77111	0,46265	Р. Готье.
1885	сентябрь	25,77	168°58'	72°24'	10°50'	2,0727	0,40003	Р. Готье.

Изъ четырехъ открытыхъ Темпелемъ кометъ короткаго періода (1867 I, 1867 II, 1869 III, и 1873 II). Эта комета (1867 I.) обыкновенно называется первой периодической кометой Темпеля, такъ какъ ея возвращеніе было наблюдаемо раньше другихъ. На основаніи этого принципа, комета 1873 II получила названіе второй периодической кометы Темпеля, такъ какъ ея возвращеніе къ перигелию въ 1878 году уже окончательно установило продолжительность времени ея оборота, между тѣмъ какъ периодичность кометы 1869 III было признаваемо только при ея вторичномъ открытіи въ 1880 году. Поэтому эта послѣдняя комета называется третьей периодической кометой Темпеля. Комета 1867 II уже въ теченіе своего перваго оборота послѣ открытія значительно приблизилась къ Юпитеру. Ея разстояніе отъ этой могущественной планеты приблизительно въ теченіе двухъ лѣтъ (1869, 1870) оставалось меньше, чѣмъ среднее разстояніе земли отъ солнца, а въ январѣ 1870 года сдѣлалось равнымъ приблизительно 1/2 этого разстоянія. Значительныя возмущенія, которымъ вслѣдствіе этого подверглась ея орбита, обнаруживаются тотчасъ же при сравненіи двухъ системъ элементовъ для лѣтъ 1867 и 1873 годовъ.

Между 1879 и 1885 годами послѣдовало вторичное значительное вліяніе ея орбиты, которую Р. Готье вычислялъ заранѣе еще до появленія кометы въ 1885 году. Вслѣдствіе возмущенія разстояніе перигелия отъ солнца для этой кометы за послѣднее время все уменьшалось, отчего яркость этого и безъ того слабого свѣтила при каждомъ новомъ прохожденіи черезъ перигелий должна была все болѣе и болѣе ослабѣвать, и потому комета, если не навсегда, то, по крайней мѣрѣ, на долгое время останется для насъ невидимой. И, действительно, при своихъ послѣднихъ возвращеніяхъ къ солнцу въ 1885, 1892 и 1899 годахъ она не могла быть снова найдена. Время оборота для вышеприведенныхъ 4-хъ орбитъ составляетъ соответственно 5,69; 5,98; 5,98 и 6,51 годовъ.

12. № 257. Комета Темпеля-Свифта.

1869 III	ноябрь	18,81503	106°12,7'	296°46,0'	5°23,9'	1,06314	0,65809	Боссертъ.
1891 V	ноябрь	14,95835	106°43,0'	296°31,3'	5°25,2'	1,08660	0,65270	Боссертъ.

Наблюдения этой кометы при ее первом появлении были слишком краткосрочными, чтобы из них можно было с точностью определить эллиптические орбиту. Периодичность ее была установлена только после нового открытия ее Л. Свифтомъ 10 окт. 1880 года. Врѣмя оборота кометы равняется 5,5 годамъ. Она обладает тѣмъ особенностью, что послѣ прохождения черезъ перигелий при весьма благоприятныхъ условияхъ видимости наступаетъ извѣстная рядъ оборотовъ поочередно то очень благоприятныхъ, то очень неблагоприятныхъ для видимости кометы. Такимъ образомъ, ее яркость при прохожденіи черезъ перигелий въ май 1875 года была приблизительно въ 10 разъ больше, чѣмъ при прохожденіи ее черезъ перигелий въ ноябрь 1879 и 1880 годовъ. Этимъ достаточно объясняется, почему тогда комета не была найдена. Столь же незначительна была ее яркость при прохожденіи черезъ перигелий въ май 1885 года. То же самое слѣдуетъ сказать и о прохожденіи ее черезъ перигелий въ май 1897 года. Напротивъ того, въ концѣ 1902 или въ началѣ 1903 года можно было надѣяться ее снова увидѣть, но и на этотъ разъ она не была найдена.

Прохожденіе черезъ перигелий		Расстояніе перигелия отъ солнца	Длина экватора узла	Наклонности	Расстояніе перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						

### 13. № 264. Комета Темпеля.

1873 II	июль	25,21431	185° 9,2'	120° 56,7'	12 45,4	1,31412	0,55260	Шульцгофъ.
1891 III	апрѣль	23,31967	185 4,8	121 10,1	12 44 4	1,35662	0,55108	Шульцгофъ.

Послѣ того какъ короткое врѣмя оборота этой кометы, равное 5,21 годамъ, было установлено (загодари ее возмущенію изъ солнцу въ 1878 году, она при своихъ слѣдующихъ появленіяхъ въ 1884 и 1889 годахъ въ виду неблагоприятныхъ условий видимости не могла быть замѣчена. Несмотря на это, наблюдения 1894 года вполне соответствуютъ вычисленіямъ, слѣдующимъ равнѣе Шульцгофемъ. Затѣмъ комета снова наблюдалась въ 1899 году.

### 14. № 299. Комета Вольфа.

1869	ноябрь	19,97	157 13'	208 27	29 27'	2,5434	0,3911	Деманъ-Филесъ.
1878	январь	26,97	170 38	207 41	27 27	1,5577	0,5670	Деманъ-Филесъ.
1884 III	ноябрь	17,79360	172 12,5	206 21,9	25 15,7	1,57199	0,56394	Трэнъ.
1891 II	сентябрь	24,6865	172 58,4	206 22,3	25 14,6	1,9249	0,55719	Трэнъ.

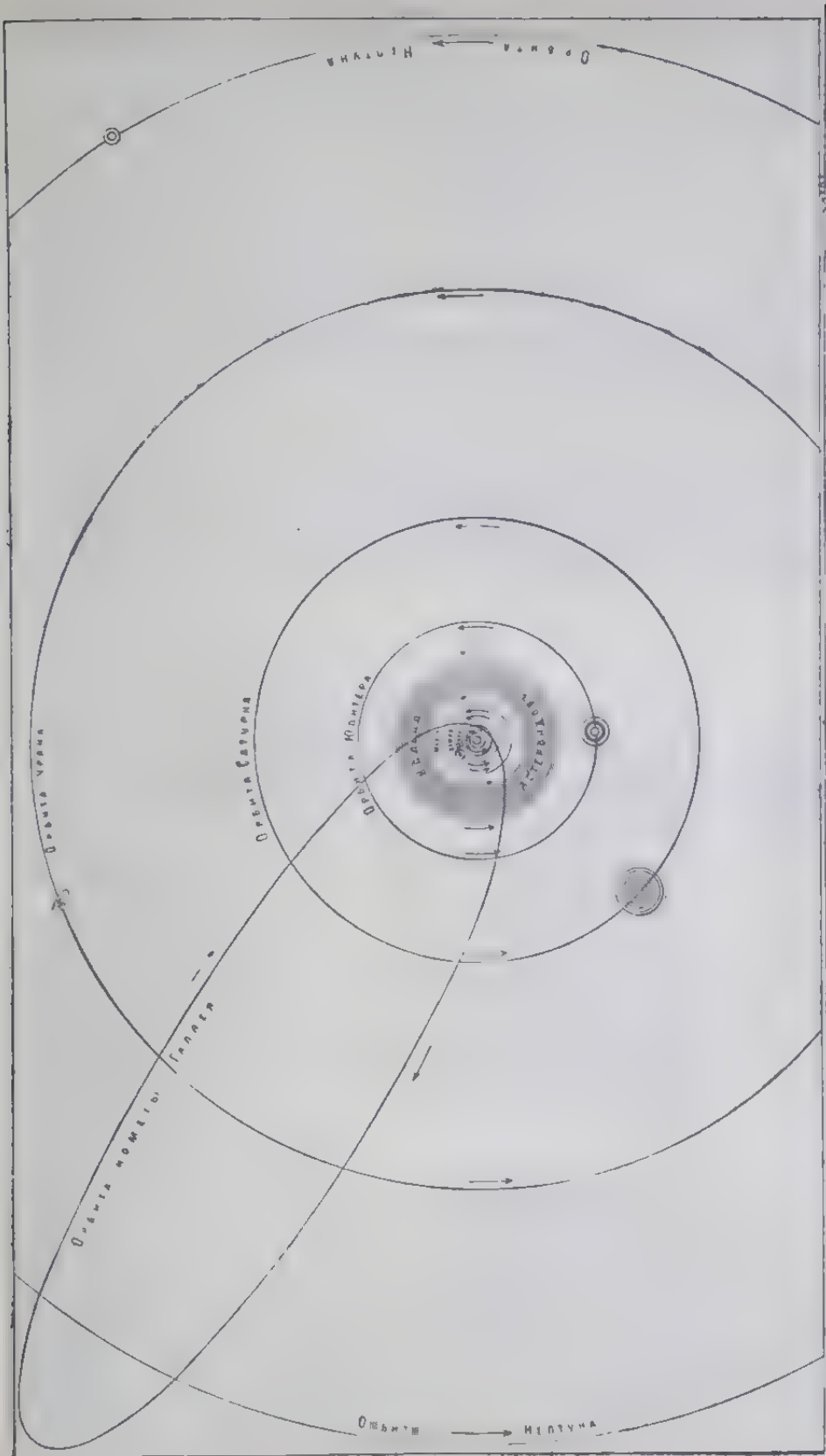
Уже вскорѣ послѣ открытія этой кометы выяснилось, что ее движеніе не могло быть представлено параболическою орбитою, и тотчасъ при вычисленіи первыхъ эллиптическихъ элементовъ Кирхгеръ обратилъ вниманіе на то, что эта комета въ 1875 году должна была близко подойти къ Юпитеру, что повлечетъ за собой сильное измѣненіе орбиты. Послѣ того какъ Деманъ-Филесъ предварительнымъ вычисленіемъ убѣдился въ правильности этого предположенія, онъ приступилъ къ болѣе точному изслѣдованію вопроса и привнесъ въ слѣдующему достойному вниманію результату.

Въ 1875 году комета проходитъ черезъ сферу дѣйствія Юпитера, т.-е. была на такомъ близкомъ отъ него разстояніи, что притяженіе этой планеты превысило солнечное притяженіе. Это продолжалось отъ 5 апрѣля до 13 августа, причемъ 9 июня разстояніе кометы отъ Юпитера уменьшилось до 0,121. Понятно объ измѣненіяхъ, которымъ подверглась при этомъ орбита кометы, давая сравненіе между собой двухъ первыхъ системъ ее элементовъ.

Первая система элементовъ опредѣляла движеніе кометы до ее вхожденія въ сферу дѣйствія Юпитера, т.-е. до 5 апрѣля 1875 года, а вторая послѣ выходанія изъ этой сферы, т.-е. послѣ 13 августа 1875 года. Что комета не была найдена при своемъ прохожденіи черезъ перигелий въ 1875 году, это, вѣроятно, слѣдуетъ объяснить неблагоприятными условиями ее видимости.

Для появленія кометы въ 1884 и 1885 годахъ, элементы были опредѣлены пасторомъ Труакомъ на основаніи весьма тщательной обработки 930 наблюдений, произведенныхъ между 20 сентября 1884 года и 6 апрѣля 1885 года. Они служатъ исходнымъ пунктомъ для изслѣдованій Деманъ-Филеса. Поэтому вторая система элементовъ отличается отъ системы Труака только возмущеніями, которые Юпитеръ и Сатурнъ съ 13 августа 1875 года до 23 декабря 1884 года произвели въ движеніи кометы. Наконецъ, четвертая система элементовъ была установлена на основаніи наблюдений, произведенныхъ во время первого и второго появленій кометы.

Въ послѣдній разъ эта комета наблюдалась въ 1898 году.



1751 Марс 2079 Юпитер  
 1843 Земля 0440 Уран

Венера 1723  
 Юпитер 1747  
 Земля 1770

Рис. 336. Солнечная система.

О заключеніяхъ, которыя Шульгофъ выводитъ изъ сходства элементовъ этой кометы съ элементами периодической кометы 1892 V (№ 336) см примѣчаніе къ этой послѣдней кометѣ (приложеніе, стр. 49).

Проходеніе черезъ перигелий			Расстояние перигелия отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Расстояние перигелия отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время							
15. № 308 Комета Физеля.								
1886 VII	ноябрь	22,39464	315° 5,6'	52° 28,9'	3° 1,7'	0,99755	0,71787	Шульгофъ.
1893 III	іюль	12,18195	315 31,9	52 27,7	3 2,0	0,98914	0,71951	Шульгофъ.

Подозрѣваемое тождество этой кометы съ кометой 1844 I (№ 17) не было подтверждено (см. часть II, § 153). Время ея оборота теперь составляетъ 6,62 лѣтъ. Въ 1899 году вслѣдствіе неблагоприятныхъ условій видимости комета не была найдена.

#### 16. № 322. Комета Брукса (1889 V).

Относительно этой въ высшей степени интересной кометы, см. прим. на стр. 49 прил. Къ этому надъ было бы только прибавить, что при второмъ ея появленіи была найдена только голова кометы, такъ что остальная ея часть, вѣроятно, въ это время распалась. Поэтому надъ опасаться, что въ непродолжительномъ времени, можетъ-быть, даже еще до слѣдующаго ея возвращенія къ перигелию, подобная же судьба постигнетъ и оставшуюся часть кометы.

\* Примѣчаніе. На предыдущей страницѣ на рис. 336 изображены орбиты небесныхъ тѣлъ, входящихъ въ составъ нашей солнечной системы. Изъ кометныхъ орбитъ дана только орбита кометы Галлея. Орбиты вѣкоторыхъ другихъ периодическихъ кометъ были изображены на рис. 184 (стр. 479). На рис. 336 внизу нагляднымъ образомъ изображены наклонности планетныхъ орбитъ.\*

# УКАЗАТЕЛЬ.

- Аберрація 80, 87, 834.  
Аберрація неподвижныхъ звѣздъ 79, 81, 83.  
Аберрація планетъ 88.  
Абсолютное положеніе свѣтила 873.  
Абсолютныя наблюденія 859, 887.  
Абсолютныя опредѣленія 833.  
Абулданція 334, 350.  
Августа 330.  
Авзонія 325.  
Аврора 332.  
Австрійскія звѣзды 253.  
Австрія 325.  
Агата 334, 350.  
Адара 180.  
Адельна 326, 330.  
Адонисъ 186.  
Адорей 326.  
Адрастовъ 338, 361.  
Азимехъ 180.  
Азимуть 9, 804, 839, 842, 846, 847, 856, 857, 877.  
Азія 325, 364.  
Активометръ 239, 873.  
Алмазь 180.  
Алголь 177, 180, 591, 639, 647.  
Александра 326, 328.  
Аладада 827, 836, 837, 838, 847, 849, 350, 888.  
Алсиа 330, 361.  
Алютъ 180.  
Аллеганская обсерваторія 869.  
Альбедо 280, 356, 357.  
Альбярго 180.  
Альгенибъ 180.  
Альгеба 180.  
Альгорабъ 180.  
Альдебаранъ 49, 50, 169, 177, 178, 180, 576, 578, 591, 592, 833.  
Альдерминнъ 180.  
Альдоръ 180, 611.  
Альмагеста 104, 128, 783.  
Альмукантаратъ 12, 13.  
Альнеламъ 180.  
Альнитакъ 180.  
Альны 430.  
Альрукаба 180.  
Альтаиниуъ 843.  
Альтея 351.  
Альфардъ 180.  
Альфериатъ 180.  
Альханотъ 180.  
Альхенъ 180.  
Альциона 180, 610.  
Амалія 361.  
Амброзия 326.  
Амплитуда 196.  
Амплитуда качаній маятника 46.  
Амфигрита 328.  
Аналитическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса 301.  
Андромаха 335, 350, 361.  
Андромеда 50, 176, 179, 624, 645, 646.  
Аномалистическій годъ 131.  
Аномалистическій мѣсяць 413, 748.  
Аятаресъ 179, 180, 576, 578, 606.  
Автэгона 336, 337.  
Антиной 613.  
Автиподы 31.  
Ан-Арборская обсерваторія въ Мичиганѣ 329.  
Аораты 322.  
Апексъ 556.  
Апеннинъ 430.  
Апланатическія трубы 791.  
Апогей 112.  
Апполовъ 186, 272.  
Апрѣльскій метеорный потокъ 568.  
Апсида 112.  
Апусъ 180.  
Аргентинскія измѣренія 645.  
Арго 601, 621, 639, 650.  
Аргументъ 184.  
Аргументъ широты 122.  
Ареографическая широта 311.  
Ареографы 309.  
Арета 337.  
Аристархъ 442.  
Ариадна 357, 361.  
Ариэль 464.  
Арктофилаксъ 180.  
Арктуръ 178, 180, 576, 588, 592.  
Ариадриная сфера, ариадна 778, 781, 782.  
Астеріонъ 180.  
Астеронды 317, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 368, 746, 859.  
Астерона 180, 610.  
Астроа 323, 324, 325.  
Астрографъ 871, 892.  
Астролябія 778, 780, 884.  
Астрономическая долгота 11.  
Астрономическая сѣтка 807.  
Астрономическая труба 789.  
Астрономическая широта 11.  
Астрономическія эфемериды 880.  
Астрономическое кольцо 780.  
Астрофизика 690, 867.  
Астрофизическая обсерваторія въ Потсдамѣ 209, 286, 871, 899.  
Астрофизическіе приборы 867.  
Атаиръ, Альтаиръ 50, 179, 180, 558, 576, 578, 585, 588.  
Атала 327.  
Аталанта 828, 330.  
Атласъ 180, 610.  
Атмосфера 286.  
Атмосфера Весты 323.  
Атмосфера Марса 314, 315.  
Атмосфера Меркурія 279, 280.  
Атмосфера Сатурна 378.  
Атмосфера солнца 238, 255.  
Атмосфера Юпитера 373, 374, 375.  
Атмосферическія линіи 280.  
Атмосферныя пріявы и стіяны 736.  
Атомы 260.

Атрососъ, Атропа 326, 333.  
Афелій 112, 116, 117, 131, 276, 277, 307,  
334, 350.  
Ахернарь 180, 577.  
Ахроматическія зрительныя трубы 790.  
Ахровическій восходъ 167.  
Ахровическій заходъ 167.

Баварія 350, 361.  
Бавкида 335.  
Баденія 325.  
Базисъ 23, 74.  
Баптистина 330, 340, 341, 347, 361.  
Барій 205.  
Барометръ 152.  
Батень Кайтосъ 180.  
Башня съ подвижной крышей 855.  
Безконечный винтъ 848, 851, 852.  
Беллона 325, 328.  
Беллатриксъ 180.  
Бенетнашъ 180.  
Берлинская обсерваторія 343.  
Берлинскія академическія карты 327.  
Бессемороваше стали 256.  
Бетейгейзе 180, 576, 578, 591, 592, 639.  
Біанка 338.  
Близнецы 99, 163, 177, 601, 613, 625, 650.  
Близкозисныя звѣзды 831.  
Бозометръ 208, 873, 874.  
Большая комета 1843 года 507, 508, 509.  
Большая комета 1861 года 531, 532.  
Большая комета 1880 года 515, 516, 517.  
Большая комета 1882 года 518, 519, 520, 521,  
522, 523, 524.  
Большая Медвѣдица 25, 90, 160, 175, 179,  
180, 608, 613, 622.  
Большая ось эллипса 34, 117.  
Большая полуось 118, 124.  
Большая полуось земной орбиты 291.  
Большая полуось орбиты Марса 303.  
Большая полуось орбиты Меркурія 272.  
Большая туманность въ Орионѣ 679, 680, 683.  
Большія кометы 471, 472.  
Большія туманности 667, 668.  
Большое неравенство въ движеніи Юпитера  
и Сатурна 746.  
Большой кругъ 6.  
Большой Левъ 178.  
Большой пассажажный инструментъ Эртеля 894.  
Большой Песъ 178, 650.  
Большой Пулковскій рефракторъ 791, 895.  
Большой рефракторъ въ иск. обсерваторіи 854.  
Боннскія наблюденія 645.  
Борозды на лунѣ 430, 432.  
Брахиаты 794.  
Брунхильда 330.  
Брунія 334, 347, 350.  
Бумерангъ 543.  
Буссоль 883, 884.  
Былый быкъ 681.  
Былыя звѣзды 591  
Былыя пятна вблизи экватора Марса 313.  
Звездъ 186.  
Вальда 330, 339.  
Вальпурга 339.  
Вариация 713.  
Ватерпасъ 824.  
Вега 50, 91, 174, 179, 180, 285, 553, 576, 578,  
585, 588, 592, 645.  
Величина луннаго затмѣнія 143, 144.  
Величина наибольшей фазы затмѣнія 149.

Велледа 325.  
Венера 95, 97, 103, 104, 105, 107, 110, 118,  
122, 126, 127, 151, 161, 233, 233, 262,  
266, 267, 272, 275, 280, 282, 283, 284,  
285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292,  
293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301,  
303, 316, 317, 357, 365, 368, 369, 553.  
Веринга 325.  
Верверъ 783, 836, 840, 848, 849, 850, 851,  
858, 859, 875, 876, 877, 888.  
Вертикаль 839.  
Вертикальная ось 888.  
Вертикальное направленіе 691.  
Вертикальный кругъ 846, 858, 897.  
Вертикальный кругъ Эртеля 894.  
Верхнее соединеніе планеты съ солнцемъ  
103, 108, 284.  
Верхняя планеты 97, 303.  
Верхняя кулиминація 14.  
Вершина конуса 709.  
Вершины эллипса 117.  
Веспертаію 180.  
Весперуго 283.  
Веста 186, 323, 324, 356, 357, 358, 359, 867.  
Вечернія звѣзды 97.  
Взаимное наклоненіе двухъ круговъ 7.  
Взаимныя разстоянія планеть 740.  
Виблія 326, 330.  
Видимая величина звѣздъ 575.  
Видимая либрація луны 753.  
Видимое полушаріе 9.  
Видимые размѣры Марса 304.  
Видимые размѣры Меркурія 275.  
Видимые размѣры Сатурна 378.  
Видимые размѣры Юпитера 365.  
Видимый горизонтъ \*.  
Видимый діаметръ Урана 393.  
Видоизмѣненія фигуры 546.  
Видоизмѣненія закона Ньютона 271, 272.  
Видъ земли 745.  
Видъ земли съ поверхности луны 416.  
Видъ и размѣры кометь 468, 469, 470.  
Видъ колецъ съ Сатурна 391.  
Видъ неба со спутниковъ Юпитера 461.  
Видъ неба съ поверхности луны 422.  
Видъ солнца въ зрительную трубу 208.  
Викторія 326, 361.  
Чиндемі-триксъ 180.  
Видобона 325.  
Визтовой микрометръ 860, 861, 877.  
Винтовая туманности 677.  
Вліяніе возмущеній на времена года 767.  
Вліяніе кометь на земныя явленія 540, 541.  
Вліяніе луны на землю 424.  
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на количество  
осадковъ въ тропическихъ странахъ 230.  
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на появленіе циклоновъ  
въ Индійскомъ океанѣ 230.  
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на среднюю годовую  
температуру земли 230.  
Вліяніе прецессіи на видъ неба 89, 90.  
Вліяніе Юпитера на движеніе некоторыхъ  
астероидовъ 335.  
Внутренняя граница зоны астероидовъ 834, 350.  
Внутренняя теплота земли 725, 726.  
Внѣшняя граница зоны астероидовъ 884, 350.  
Вода на лунѣ 421.  
Водолей 91, 93, 163, 179, 613.  
Водородные протуберанцы 250.  
Водородъ 205, 255.  
Возможность взаимнаго сближенія астероидовъ  
362, 363, 864.



- Возможные спутники Меркурия и Венеры 466  
 Возмущения планеты 737, 738, 739.  
 Возникшии 175, 177, 601, 648.  
 Возраст земли 728.  
 Возраст планеты 728.  
 Волопасъ 178, 180, 624, 625, 651.  
 Волоса Вереники 621.  
 Волоса кометы 468.  
 Воровна 180.  
 Воспроизведение на глобусѣ вида небесной сферы, какъ онъ представляется наблюдателю въ данный моментъ 165.  
 Восточное полушаріе 9.  
 Восходящія звѣзды 18.  
 Восходящій узелъ планетной орбиты 121.  
 Восьмикратная звѣзда 614.  
 Восьмилѣтній періодъ въ движеніи Венеры 282.  
 Вращательное движеніе земли 62.  
 Вращеніе Венеры 287, 288, 289.  
 Вращеніе земли 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35.  
 Вращеніе колецъ Сатурна 365, 387.  
 Вращеніе луны около оси 418.  
 Вращеніе Марса 305.  
 Вращеніе Меркурия 276, 277.  
 Вращеніе небеснаго свода 27.  
 Вращеніе небесныхъ тѣлъ 29.  
 Вращеніе пятны 222.  
 Вращеніе Сатурна 379, 380, 387, 388.  
 Вращеніе солнца 218, 219, 226, 236.  
 Вращеніе Урана 394.  
 Вращеніе Юпитера вокругъ оси 371, 372.  
 Времена года 63, 64, 65, 66, 67, 170.  
 Времена года и сѣдня дней и ночей на лунѣ 419.  
 Времена года на Марсѣ 306, 307.  
 Времена года на Уранѣ 395.  
 Времена года на Юпитерѣ 376, 377.  
 Времѣ вращенія солнца 220, 221.  
 Времѣ обращенія 124.  
 Времѣ обращенія Венеры 283.  
 Времѣ обращенія луны около земли 411.  
 Времѣ обращенія Марса около солнца 306.  
 Времѣ обращенія Нептуна 409.  
 Времѣ обращенія Юпитера 368.  
 Времѣ обращенія Фобоса 451.  
 Времѣ прохожденія черезъ первтелій 124.  
 Всемирное тяготѣніе 36, 690, 751.  
 Всеобщее притяженіе 690.  
 Вторичный спектръ 793.  
 Второе неравенство въ движеніи планетъ 100, 102, 111.  
 Второе среднее солнце 135.  
 Второй законъ Кеплера 117.  
 Второй періодъ въ исторіи открытыхъ астероидовъ 323.  
 Высокая вода 731, 732.  
 Высота атмосферы 152, 153.  
 Высота лунныхъ горъ 431.  
 Высота полюса 12, 835, 847, 849, 850, 877, 887.  
 Высота появленія метеоровъ 551, 552.  
 Высота свѣтила 9, 57, 168, 839, 842, 846, 856, 857, 860.  
 Высота экватора надъ горизонтомъ 12, 53, 57, 801, 835.  
 Вычисленіе гелиоцентрическаго положенія планеты 123.  
 Вычисленіе кометныхъ орбитъ 475, 476, 477, 478, 479.  
 Вычислительная линейка 807, 808.  
 Вычислительный институтъ въ Берлинѣ 343, 347, 359.  
 Вѣковое движеніе перигея Меркурия 202, 270, 271.  
 Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики 55.  
 Вѣковое ускореніе луны 271.  
 Вѣковыя возмущенія 741, 747, 754, 755, 768.  
 Вѣковыя возмущенія въ движеніи луннаго апсида и луннаго узла въ лунной орбитѣ 756.  
 Вѣковыя измѣненія вращенія луны 752.  
 Вѣнская обсерваторія 388, 343, 856, 896, 897, 898.  
 вѣтскій рефракторъ 792.  
 Вѣроятность аллигической орбиты 713.  
 Вѣсь наблюдений 891.  
 Вѣсь тѣлъ 36, 718.  
 Вѣсы (созвѣздіе) 59, 92, 178, 652.  
 Вѣчность вещества 191.  
 Галатея 329, 339.  
 Галилеева труба 789.  
 Галлеева комета 320.  
 Галлій 203.  
 Галлія 325.  
 Гальваническій токъ 874.  
 Ганимедъ 453.  
 Гарумна 336.  
 Гауризанкаръ 21, 154.  
 Гаусова постоянная величина 119.  
 Геба 324.  
 Гейдельберга 325.  
 Гейслерова трубка 249.  
 Геката 333.  
 Гелій 249, 250.  
 Гелиографическая шпигота 216.  
 Гелиометръ 864, 865, 866, 895.  
 Гелиоскопическій окуляръ 228, 230.  
 Гелиостать 224, 870, 871.  
 Гелиоцентрическая долготы 120.  
 Гелиоцентрическое положеніе планеты 120.  
 Гемма или Гвоздя 180.  
 Генриетта 493.  
 Географическая долготы 12, 81, 876.  
 Географическая или вѣмецкая миля 25.  
 Географическая широта 12, 15, 801, 802, 814, 834, 835, 877.  
 Геодезическіе приборы 892.  
 Геометрическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса 301, 302.  
 Геопентрическая долготы 120.  
 Геодентрическое положеніе планеты 120.  
 Гера 323.  
 Герда 330.  
 Геркулесъ 50, 178, 179, 181, 621, 653.  
 Германия 325.  
 Гесперія 328.  
 Гесперъ 283.  
 Гестія 361.  
 Гигантусъ 431, 442.  
 Гитта 327, 352.  
 Гидра 93, 178, 651.  
 Гилда 334, 337, 339, 493.  
 Гиперболическая кривая 320, 710.  
 Гиперболическая орбита 771, 712.  
 Гиперионъ 462.  
 Гипотеза Бредихина объ образованіи хвостовъ 537, 538.  
 Гипотеза волнообразнаго колебанія эмира 188.  
 Гипотеза Гельмгольца о поддержаніи солнечной теплоты 261.  
 Гипотеза истеченія свѣтового вещества 168.  
 Гипотеза Канта-Лапласа 571, 761, 762, 763, 764, 765.

Гипотеза Лаверьё о происхождении астероидовъ 360.  
 Гипотеза Майера о поддержаніи созвечной теплоты 260, 261.  
 Гипотеза Ньютона о поддержаніи солнечной теплоты 259, 260.  
 Гипотеза Ольберса о происхождении астероидовъ 322, 323, 359.  
 Гипотеза приступовъ 189.  
 Гипотеза Спандарелли 562, 563, 564.  
 Гипотеза столкновений Локьера 659.  
 Гипотеза Фалъ 766.  
 Гипотеза Целльнера о строеніи кометъ 539.  
 Гипотеза Энке 490.  
 Гиреобразная туманность 678, 688.  
 Гирп 821, 851.  
 Глады 49, 50, 163, 177, 180, 600, 611.  
 Гіеды 181.  
 Гіена 181.  
 Главныя точки горизонта 9.  
 Глазь Тельца 180.  
 Гномонъ 54, 777, 778, 804.  
 Гнутіе круга 889.  
 Годичный параллаксъ звѣздъ 78, 79, 80.  
 Годичное уравненіе 743, 744.  
 Годовое движеніе земли 62.  
 Годовое движеніе солнца 49.  
 Годъ 50, 51.  
 Голландская труба 789.  
 Голова въ группѣ пятенъ 212.  
 Голова Горгоны 181.  
 Голова Медузы 177, 181.  
 Гольфштремъ 34.  
 Гончіе псы 613, 623.  
 Гордонія 326.  
 Горизонтальные солнечныя часы 812, 813, 814.  
 Горизонтальный параллаксъ 75, 293.  
 Горизонтальный параллаксъ солнца 295.  
 Горизонтъ 8, 801, 838, 849, 850, 856, 888.  
 Горныя дѣли на лунѣ 430.  
 Горныя дѣли на Марсѣ 311.  
 Гороскопъ 803.  
 Горы Венера 286, 287.  
 Горыніе безъ огня 192.  
 Градусныя измѣренія 22, 34, 745.  
 Гранатовая звѣзда 656.  
 Границы зоны астероидовъ 350.  
 Грануляція 209, 254.  
 Гринвичская обсерваторія 840, 891.  
 Гринвичскій рефракторъ 792.  
 Группы пятенъ 211.  
 Губерта 326.

Дабихъ 181.  
 Давленіе на ось вращенія 714.  
 Данаа 330, 331.  
 Дарвина изслѣдованія 767.  
 Дафна 329, 342.  
 Дѣя Оса 180.  
 Двигатель 820.  
 Движеніе брошеннаго тѣла 699.  
 Движеніе верхнихъ планетъ 97.  
 Движеніе двойныхъ звѣздъ 616.  
 Движеніе Деймоса 451.  
 Движеніе земли въ пространствѣ 758.  
 Движеніе дѣли апсидъ 131.  
 Движеніе дѣли апсидъ лунной орбиты 748, 749.  
 Движеніе дѣли узловъ лунной орбиты 747, 750.  
 Движеніе луны 700, 885.  
 Движеніе нижнихъ планетъ 96, 97.  
 Движеніе перигелия Марса 272.  
 Движенія перигелия Меркурія 272.

Движеніе планеты 61, 694, 702.  
 Движеніе по лучу зрѣнія 222.  
 Движеніе солнца въ пространствѣ 608, 609, 610.  
 Движеніе узловъ Венера 272.  
 Движущая сила 820.  
 Двойныя звѣзды 610, 637, 638, 829, 861.  
 Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ 627.  
 Двойныя туманности 670.  
 Деймость 450.  
 Дельфинъ 179, 655.  
 Денебола 178, 181.  
 Денебъ 91, 179, 181, 576, 578.  
 Денебъ Альгеда 181.  
 Денебъ Кайтосъ 181.  
 Денебъ-эль-Азавъ 181.  
 Дембовска 32.  
 Деференты 102, 103, 104, 105.  
 Деформация стеколъ 793.  
 Денарелды 322.  
 Дѣке 333, 342.  
 Диплейдоскопъ Деанта 805.  
 Диссопация 254.  
 Дифференціальныя наблюденія 859, 887.  
 Дилатическія трубы 791.  
 Диана 364.  
 Диаметръ Венера 284.  
 Диаметръ Марса 303, 304.  
 Диаметръ Меркурія 273.  
 Диаметръ планеты 866.  
 Диаметръ солнца 186, 864.  
 Диафрагма 863.  
 Диона 462, 464.  
 Диоптрическія трубы 793, 795.  
 Диоптры 780, 796.  
 Длина секунднаго маятника 40, 745.  
 Длина свѣтовыхъ волнъ 195.  
 Дневная дуга 51.  
 Долгота восходящаго узла 124.  
 Долгота восходящаго узла плоскости солнечнаго экватора 220.  
 Долгота перигелия 124.  
 Долгота планеты въ орбитѣ 122.  
 Долгота планеты въ эклитикѣ 122.  
 Дополнительныя цвѣта 199.  
 Дорадо 181.  
 Дорисъ 329, 331, 357.  
 Драконическій мѣсяць 413.  
 Драконъ 91, 175, 176, 179, 588, 613.  
 Дрезда 325, 330.  
 Друммондовъ свѣтъ 256.  
 Дубъ 181.  
 Дѣна 50, 163, 178, 323, 613, 623, 651.  
 Дѣйствительная либрація луны 753.  
 Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся тѣла 698.  
 Дѣйствіе рефракціи 156.  
 Дѣйствующая сила 851.  
 Дѣленіе Кассини 382.  
 Дѣлательная машина 776, 889.

Ева 335, 359.  
 Евгения 326.  
 Евника 351.  
 Евриклеза 387.  
 Еврвима 332.  
 Европа 325, 453.  
 Евтерпа 364.  
 Египетская планетная система 105.  
 Единица теплоты 192.  
 Единорогъ 601, 650.  
 Елена 350.

Жаркій подъём земной поверхности 33, 67, 68.  
 Желтая двойная линия матри 200.  
 Желтая звезда 591.  
 Желтодорожное время 140.  
 Желтые метеориты 546  
 Желто 205.  
 Жесткость шнура 851.  
 Живая сила 191, 852.  
 Жидкости невесомыя 188.  
 Жирафъ 610, 626.  
 Жители луны 442, 443.  
 Жители Марса 315, 316.  
 Жители планетъ 410.  
 Жозефина 361.

Зависимость периодичности числа солнечных пятен отъ положенія планетъ относительно солнца 233.

Задача о трехъ тѣлахъ 740, 741.

Задачи, рѣшаемыя при помощи небеснаго глобуса 165.

Зажигательное стекло 785.

Зажимной винтъ 844.

Законъ Бюде-Тивіуса 266, 317, 318.

Законъ Вольфа-Мариотта 251.

Законъ Вебера 271.

Законъ всемірнаго тяготѣнія 119, 271, 695, 696, 697, 702, 703, 716, 717.

Законъ Гаусса 271.

Законъ Гей-Люссака 254.

Законъ Гей-Люссака-Мариотта 152, 153.

Законъ Дальтона 254.

Законъ Дувера о вращеніи солнечной поверхности 226.

Законъ площадей 709.

Законы небесныхъ движеній 690.

Законы образования солнечн. пятенъ 217, 218.

Законы разложенія солнечныхъ пятенъ 218.

Законы рефракціи 155.

Замедленіе вращенія земли въ зависимости отъ приливовъ и отливовъ 271.

Западное полушаріе 9.

Затмѣнія луны 142, 878, 885.

Затмѣнія спутниковъ Юпитера 82, 302, 453, 454, 455, 457, 878, 885.

Заходъ звѣздъ 13.

Заяцъ 648.

Звѣзда счастья Китая 334.

Звѣздная величина 276.

Звѣздная куча въ Геркулесѣ 664.

Звѣздная куча около  $\omega$  Центавра 682.

Звѣздная куча «Собраніе драгоценныхъ камней» 682.

Звѣздное время 10, 26, 133, 134, 169, 782, 802, 804, 832, 858.

Звѣздное время въ средней полдень 137.

Звѣздный каталогъ 58.

Звѣздныя группы 663.

Звѣздныя карты 174, 182, 349.

Звѣздныя карты Шакорнака 338.

Звѣздныя лучи, звѣздныя системы 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667.

Звѣздныя кучи въ созвѣдіи Водолея 185.

Звѣздныя сутки 16, 133, 134, 136.

Звѣздныя эталонированія 600.

Звѣзды Бѣрихема 627.

Звѣзды второй величины 576.

Звѣзды первой величины 576.

Звѣзды, приближающіяся къ нашей солнечной системѣ 606.

Звѣзды съ туманными лучами 674.

Звѣзды, удаляющіяся отъ нашей солнечной системы 607.

Земля 95, 107, 126, 129, 233, 317, 369.

Земная орбита 112, 115, 116.

Земная параллель 13.

Земная рефракція 157.

Земной глобусъ 170.

Земные круги 8.

Земные тропики 13.

Зевитное разстояніе 9, 839, 845, 846, 847.

Зевтъ 8, 846.

Зеркало 855, 856.

Зеркальный секстантъ 885.

Зеркальный телескопъ 794.

Зеркальный телескопъ Росса 670.

Зѣносець 181, 601, 653.

Змѣя 178.

Знакъ зодіака 11, 91.

Знакъ Овна 60.

Знакъ Рака 60.

Зодіакальный свѣтъ 162, 244.

Зодіакальныя созвѣздія 91, 92.

Золото 205.

Зоны 140.

Зрительная труба 774, 784, 785, 788, 789, 796, 839, 840, 857, 860, 869, 870.

Зубчатое колесо 820, 851.

Идуна 335.

Изисъ 364.

Измѣненіе длины тропическаго года 755, 756.

Измѣненіе длины секунднаго маятника 62.

Измѣненіе напряженія силы тяжести 37, 38, 39, 40.

Измѣненіе эксцентриситета земн. орбиты 725.

Измѣненія видимой формы колецъ Сатурна 383, 384, 385.

Измѣненія въ положеніи земли по полюсу 724.

Измѣненія въ туманностяхъ 683, 684, 685.

Измѣненія на поверхности Марса 311, 312, 313, 314.

Измѣненія формы солнечныхъ пятенъ 209.

Измѣненія яркости астероидовъ 357.

Измѣненія яркости и цвѣта звѣздъ 578.

Извѣстность географическихъ широтъ 723.

Извѣреніе времени 120.

Извѣреніе высоты лунныхъ горъ 436, 437.

Изображенія предметовъ 786.

Изотермы 70, 71.

Импульсъ 690.

Индексъ 837, 838, 849, 850, 860, 862, 877.

Индія 203.

Индѣецъ 588.

Инструментальныя ошибки 859, 888, 889.

Интерференція 190, 195.

Интрамеркуриальныя планеты 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271.

Инфракрасная часть спектра 207, 208.

Ирена 327.

Иза 350.

Иррисъ, Ирида 324, 357, 746.

Иррадіація 161, 299, 549.

Искаженіе линий въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ 252.

Искатель 849, 871.

Искусственный горизонтъ 800, 801, 833, 840.

Исландскіе гейзеры 255.

Исландскій шпатель 197.

Исмень 493.

Испытаніе телескоповъ 628.

Испытаніе хронометровъ 822, 823, 824.

Испытатель уровней 826.

- Истинная аномалия 124.  
 Истинная долгота планеты 125.  
 Истинная долгота планеты въ орбитѣ 124.  
 Истинное время 10, 16, 184, 185, 188, 169, 802.  
 Истинное зенитное расстояние 154.  
 Истинный горизонтъ 8.  
 Истиннымъ обращеніемъ планетъ 125.  
 Исторія названій различныхъ образованій на лунѣ 290.  
 Исторія открытія солнечныхъ пятенъ 227, 228, 229.  
 Истрия 325, 335.  
 Идъ 181.  
 Ио 332, 453.  
 Иоанна 325.  
 Кажущаяся либрація луны 754.  
 Кажущееся отклоненіе плоскости качаній маятника 45, 47.  
 Кажущіяся колебанія въ положеніи звѣздъ 162.  
 Калиссо 364.  
 Калкето 453.  
 Каллиопа 328.  
 Кальцій 205.  
 Каменный дождь 548.  
 Камилла 361.  
 Кавалы на Марсѣ 309, 310, 313.  
 Каникула 180.  
 Канопусъ 181, 577.  
 Канъ-Лапласова гипотеза относительно образованія нашей солнечной системы 360.  
 Капелла 177, 178, 180, 450, 576, 584, 588, 601.  
 Кипскія облака 681.  
 Кармазиновая звѣзда 648.  
 Карпаты 430.  
 Карта луны 428.  
 Карта Марса 308, 309.  
 Карты неба 323, 324, 328, 330, 339.  
 Кассегреновскій окуляръ 795.  
 Кассета 872.  
 Кассіопея 50, 56, 176, 588, 600, 624, 645, 646.  
 Касторъ 177, 178, 181, 576, 613, 625.  
 Каталогъ зодіакальныхъ звѣздъ 340.  
 Каталогъ переменныхъ звѣздъ 645.  
 Католическія трубы 793, 795.  
 Квадрантъ 14, 54, 57, 778, 780, 783, 826, 839.  
 Квадратура 80, 81, 107, 108, 303, 308, 414, 742.  
 Кеплерова зрительная труба 789, 796.  
 Кеплеръ 442.  
 Кинетическая энергія 191.  
 Кить 163, 177, 323, 639, 645, 647.  
 Кларисса 361.  
 Классификація туманностей и звѣздныхъ скопленій 662.  
 Клевентъ 249.  
 Клеомедъ 434.  
 Клеопатра 337, 338.  
 Климатъ на поверхности Юпитера 376.  
 Климатъ древнихъ 69.  
 Клинтопская обсерваторія въ штатѣ Нью-Йоркѣ 331.  
 Клитя 361.  
 Кларинда 361.  
 Клото 328, 333.  
 Ключъ 865, 866.  
 Книга Шу-кингъ 93.  
 Кобальтъ 205.  
 Кожа 180.  
 Козерогъ 59, 91, 92, 181.  
 Ковликъ 181.  
 Колебанія свѣтовой волны 195.  
 Колебательное движеніе 196.  
 Колесница 175, 180.  
 Коллиimatorъ 882, 840, 868, 869, 870, 894.  
 Коллимаціонная линія 828, 830, 831.  
 Коллимаціонная ошибка 800, 828, 830.  
 Кольцо 178, 180, 181.  
 Кольца Сатурна 382, 387, 388, 693.  
 Кольцевой микроскопъ 863.  
 Кольцеобразная туманность въ Лирѣ 184, 671.  
 Кольцеобразное затмѣніе 148.  
 Кольцеобразныя горы на лунѣ 434.  
 Кольцеобразныя туманности 670, 671.  
 Кольцо метеоровъ между Меркуріемъ и Венерой 272.  
 Кольчатый экваторіаль 898.  
 Комета Визлы 491, 492, 493, 494, 495, 499, 501.  
 Комета Врорзена 501, 502, 507.  
 Комета Врукса 504, 505.  
 Комета Виннеке 367.  
 Комета Галлея 480, 481, 482, 483, 484, 485, 488.  
 Комета Де-Вико 500, 501.  
 Комета Донати 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 537.  
 Комета Коджиа 533.  
 Комета Лексея 502, 503, 504.  
 Комета Родана 535.  
 Комета Свифта 500, 501.  
 Комета Уэльса 525.  
 Комета Фая 367, 499, 500.  
 Комета Хольмеса 505, 506, 507, 535.  
 Комета Энке 489, 490, 494, 499, 535.  
 Комета 1770 I 502.  
 Комета 1843 года 510, 511, 512, 513, 514.  
 Комета 1844 I 498, 500.  
 Комета 1861 I 568.  
 Комета 1862 III 488, 563.  
 Комета 1866 I 564.  
 Комета 1866 VII 500.  
 Комета 1889 V 502.  
 Комета 1894 IV 493.  
 Кометная орбита 497, 498.  
 Кометовскатель 856, 892, 897, 898.  
 Комашъ 884.  
 Компенсація 820.  
 Конверторъ 256.  
 Концы затмѣнія 146.  
 Конические сѣченія 320, 709.  
 Конкордія 325, 332, 364.  
 Коноусъ 709, 859.  
 Коноусъ полной тѣни 142, 147.  
 Коноусъ полутѣни 142, 148.  
 Координаты 780, 860, 873.  
 Коперниковая система міра 285.  
 Коперникъ 434, 442.  
 Корабль 601.  
 Корнефоросъ 181.  
 Корона (созвѣздіе) 178, 652.  
 Корона солнечная 255.  
 Короній 244, 255.  
 Коръ-Кароли 181, 558.  
 Космическій восходъ 167.  
 Космическій заходъ 167.  
 Кошабъ 181.  
 Красное пятно на Юпитерѣ 370.  
 Красныя звѣзды 591.  
 Кратеръ Линней 441.  
 Кратеръ Мессье 442.  
 Кратеръ Тихо 433.  
 Кратныя звѣзды 613.  
 Кривая линія 116.  
 Кривизна 821.  
 Кристалльная сфера 30, 105.  
 Кронгласъ 790, 791, 793.

Кронодейка 810.  
 Круговая линия 100.  
 Круговая орбита 320.  
 Кругъ высоты 9.  
 Кругъ склоненія 10. 850, 851, 857, 861, 863, 866.  
 Ксѣфіасъ 181.  
 Кульминаціонная высота 801, 834.  
 Кульминація 10, 13, 810, 827, 829, 839, 849, 850.  
 Кучеобразные протуберанцы 247.  
 Кюзоаура 181.

Латеры 828, 830, 832, 835, 839, 840.  
 Лангъ 883, 884.  
 Ландсберговы таблицы движенія Венеры 293.  
 Лахезисъ 333, 361.  
 Лебедь 179, 584, 613, 626, 655.  
 Левъ 50, 58, 163, 613, 623, 650, 651.  
 Леда 364.  
 Ледниковый періодъ 723.  
 Лейкотая 329.  
 Лето 328, 332.  
 Либратриксъ 325.  
 Либрація 440, 754.  
 Ликская обсерваторія 307, 308, 310, 311, 356, 359.  
 Лимбъ 836, 838.  
 Линейная скорость вращенія точекъ земного экватора 224.  
 Линза 864.  
 Линія А и В 205.  
 Линія азсвдъ 113, 130, 306, 743.  
 Линія равенствій 67.  
 Линія узловъ 121.  
 Линія узловъ солнечнаго экватора 220.  
 Лира 50, 174, 179, 610, 613, 639, 654.  
 Лисипа 601, 610, 654.  
 Литій 205.  
 Ловельская обсерваторія 309.  
 Ломаная труба 828, 846.  
 Ломаный экваторіаль 856.  
 Лудольфово число 123, 700.  
 Луна 49, 104, 105, 161, 167, 316, 411, 855.  
 Лунная атмосфера 421.  
 Лунная либрація 439.  
 Лунная орбита 112.  
 Лунные кратеры 428, 433, 436.  
 Лунныя горы 310, 428, 429, 430.  
 Лунныя долины 427.  
 Лунныя затмѣнія 20, 141.  
 Лунныя карты 438.  
 Лунныя моря 434.  
 Лунныя сутки 732.  
 Лучистая энергія 194.  
 Людовика 330.  
 Люменъ 326, 335, 336.  
 Лютеція 325, 328.  
 Люциферъ 288.

Магеллановы облака 681.  
 Магнитная стрѣла 874, 884.  
 Магнитъ 883.  
 Магній 205.  
 Майъ 181, 331, 361, 610, 681  
 Максимилиана 326.  
 Малая Медвѣдья 90, 92, 175, 176, 181, 602, 653.  
 Малая ось эллипса 117.  
 Малые круги 12.  
 Малый Ковъ 619.  
 Малый Песъ 178, 650.

Малыя планеты 93, 322, 324, 334.  
 Марганецъ 205.  
 Марія 336.  
 Маркабъ 181.  
 Марсики 553.  
 Марсъ 95, 97, 98, 104, 105, 107, 110, 118, 126, 127, 129, 161, 266, 287, 291, 292, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 321, 322, 334, 335, 350, 351, 356, 357, 359, 368, 369, 445.  
 Марфики 181.  
 Масса астероидовъ 359.  
 Масса Венеры 284.  
 Масса звѣздъ 720, 721.  
 Масса кометъ 474.  
 Массалия 325, 328, 364.  
 Масса луны 431, 735.  
 Масса Марса 304, 305.  
 Масса Меркурія 273.  
 Масса метеоровъ 553.  
 Масса планетъ 720, 739.  
 Масса Сатурна 378, 721.  
 Масса солнца 186, 719, 720  
 Масса тѣла 35, 36.  
 Масса Урана 394, 721.  
 Масса Юпитера 365, 366, 367, 368, 721.  
 Мастерская Ваятеля 647.  
 Материкъ Марса 307, 309.  
 Матильда 338.  
 Маховое движеніе 852.  
 Маятникъ 38, 820, 821.  
 Маятникъ Штернека 40.  
 Мгновенныя силы 690  
 Мегрецъ 181.  
 Медвѣжий сторожъ 180.  
 Медя 338.  
 Медуза 338, 339.  
 Международное астрономич. общество 333.  
 Мелета 329, 331, 364.  
 Мельбурнская обсерваторія 855.  
 Мельбурнскій рефлекторъ 795.  
 Менкалианамъ 181  
 Менкаръ 181.  
 Меракъ 181.  
 Меридианальная высота свѣтила 14.  
 Меридианальныя высоты луны во время полнолунія вътомъ и гимой 418.  
 Меридианныя знаки 832.  
 Меридианный кругъ 827, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 845, 851, 859, 860, 888, 892, 897.  
 Меридианный кругъ Репсольда 894.  
 Меридианъ 9, 849, 850, 877.  
 Меркурій 95, 96, 97, 103, 104, 105, 107, 110, 122, 126, 151, 211, 233, 253, 262, 263, 264, 267, 270, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 284, 288, 299, 303, 316, 317, 357, 359, 368, 369, 377.  
 Меропа, Меропе 181, 610, 683, 684.  
 Мерцаніе звѣздъ 156, 157.  
 Металлич. протуберанцы 250, 255.  
 Метеоритная гипотеза Локьера 767.  
 Метеорное желѣзо 546, 547, 550.  
 Метеоровое солнце 556.  
 Метеорные камни 546.  
 Метеорный потокъ 560.  
 Метеорный потокъ Леонидовъ 570, 572.  
 Метеорный потокъ св. Лаврентія 571.  
 Метеорологическіе приборы 892.  
 Метеоры 153, 543, 544.  
 Метида 327.  
 Метоновъ пяткъ 282

Метръ 24.  
 Метръ-прототипъ 24.  
 Механическая теорія теплоты 191.  
 Механический процессъ 258, 259.  
 Механический эквивалентъ теплоты 192.  
 Мечъ-Рыба 181.  
 Мизамъ 181.  
 Мыкарь 181.  
 Микрометрический вѣсъ 844, 851, 865, 877.  
 Микрометръ 852, 859, 860, 861, 862, 863, 864.  
 Микроскопъ 774, 785, 836, 837, 840, 841, 842, 844, 865, 866, 875, 877.  
 Мимасъ 452, 464.  
 Минерва 332.  
 Минтака 181.  
 Мира (звѣзда) 181.  
 Мирахъ 181.  
 Мирзямъ 181.  
 Мирфакъ 181.  
 Миры 832, 851, 894.  
 Митра 186.  
 Мицаръ 181, 611, 627.  
 Млечный путь 597, 600, 601, 602.  
 Молекулярное движеніе 690.  
 Моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія 57.  
 Монбланъ 21.  
 Монохроматическія изображенія солнечныхъ выступовъ 246.  
 Монтировка 854, 857, 871.  
 Морская астрономія 882.  
 Морская миля 25.  
 Морскія карты 883.  
 Морской горизонтъ 801.  
 Моря на лунѣ 434, 435, 441, 442.  
 Моря на Марсѣ 307, 309, 310.  
 Муфрідъ 181.  
 Муфта 866.  
 Муха 613, 651.

Наблюдаемое зенитное разстояніе 154.  
 Наблюдательная астрономія 774.  
 Наблюденія солнечныхъ пятенъ 340.  
 Надаръ 8, 838.  
 Наибольшая фаза затмѣнія 143.  
 Наклонность астероидовъ 350, 354.  
 Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики 467.  
 Наклонность орбиты Меркурія 273.  
 Наклонность планетныхъ орбитъ 121, 122, 124, 739, 761, 768.  
 Наклонность плоскости экватора Марса къ плоскости его орбиты 306.  
 Наклонность солнечнаго экватора къ эклиптикѣ 220.  
 Наклонность эклиптики къ экватору 11, 50, 51, 53, 55, 56, 306, 777, 887.  
 Направленіе движенія планетъ 761.  
 Напряженіе силы тяжести 36.  
 Напряженность химическихъ и тепловыхъ лучей 238.  
 Насѣдка 180, 181, 610, 660, 662.  
 Натрій 205.  
 Натъ 181.  
 Начало затмѣнія 146.  
 Натѣдникъ 611.  
 Неаполь 325.  
 Небесная механика 690.  
 Небесные круги 8.  
 Небесный глобусъ 164.  
 Небесный экваторъ 26, 839.  
 Небесныя суточныя параллели 12.

Невидимое погущеніе 9.  
 Невидимыя части спектра 205.  
 Невѣсомыя 188.  
 Недостатокъ планетной системы Коперника 111.  
 Незмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси 724.  
 Незмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ 769.  
 Нептунъ 181.  
 Немауза 325, 330, 350.  
 Ненетта 361.  
 Неуровненности въ движеніи Урана 396.  
 Неуровненныя движенія солнечнаго пятна 221.  
 Непрерывный спектръ 202.  
 Непрерывныя силы 690.  
 Нептунисты 725.  
 Нептунъ 71, 78, 95, 98, 104, 126, 266, 323, 357, 368, 369, 372, 396, 397, 398, 399.  
 Нефть 340, 361.  
 Нижнее соединеніе 103, 109, 283.  
 Нижнія планеты 96, 303.  
 Нижняя кульминація 10, 14.  
 Низмесь 325.  
 Никель 205.  
 Николовъ призмы 197, 198, 874.  
 Нисходившій узелъ планетной орбиты 121.  
 Ниоба 330, 351.  
 Новая Возничяго 649.  
 Новая звѣзда Тихо-Браге 645.  
 Новая Корона 652.  
 Новая Лебеда 655.  
 Новая Персея 656, 657.  
 Новое изданіе звѣздн. каталога Птолемея 340.  
 Новолуніе 414.  
 Новыя звѣзды 639, 657, 658, 659.  
 Новѣйшія воззрѣнія на происхожденіе небесныхъ тѣлъ 765.  
 Нодусъ 181.  
 Номенклатура 308, 309.  
 Ноніусъ 844, 861, 862, 876.  
 Нормальное время 139, 140.  
 Нормальные часы Кессальса 894.  
 Ночная дуга 51.  
 Ноябрьскій метеорный потокъ 573, 574.  
 Нутація 89, 94, 95, 716, 834.  
 Ньютоуъ 701, 704, 705, 706.

Обелискъ 777, 778.  
 Оберонъ 464.  
 Обитатели кометъ 542. — О. луны 444.  
 Обитатели Марса 279, 317.  
 Облакообразныя протуберанцы 247.  
 Обоймица 849.  
 Оборотъ звѣта 861, 862.  
 Обратное движеніе 95, 102, 107, 109, 468, 748, 756.  
 Обратное движеніе узловъ 751.  
 Обрашающій слой 250, 254.  
 Обращеніе спектра 203, 204.  
 Обсерваторія 891, 892.  
 Обсерваторія въ Берлинѣ 337, 881.  
 Обсерваторія въ Вѣнѣ 881.  
 Обсерваторія въ Гетѣ 853.  
 Обсерваторія въ Грэнвичѣ 878.  
 Обсерваторія въ Дюссельдорфѣ 337.  
 Обсерваторія въ Жювиза около Парижа 287.  
 Обсерваторія въ Килѣ 853.  
 Обсерваторія въ Лейпцигѣ 337.  
 Обсерваторія въ Нидѣ 899.  
 Обсерваторія въ Парижѣ 337.  
 Обсерваторія въ Сантъ-Яго-де-Чили 841.

- Обсерваторія въ Страсбургѣ 890.  
 Обсерваторія въ Христианіи 853.  
 Обсерваторія Герреса 899.  
 Обсерваторія Куфера въ Марри-эттѣ 327.  
 Обсерваторія Куфера въ Вьвѣ 873.  
 Обсерваторія на горѣ Дамилтонѣ 899.  
 Общество Ураіа 351.  
 Объективная призма 870.  
 Объективный микрометр 864.  
 Объективъ 787, 828, 832, 856, 857, 864, 865, 866, 869, 870, 872.  
 Объем Венера 284.  
 Объем Марса 304.  
 Объем Меркурия 273.  
 Овенъ 59, 91, 92, 163, 177, 612, 613.  
 Одннадцатилѣтній періодъ солнечныхъ пятенъ 214, 215.  
 Озирасъ 186.  
 Окда 181.  
 О-околополярныя звѣзды 14, 839.  
 Окружность положенія 886.  
 Октантъ (инструментъ) 781.  
 Октантъ (положеніе дуги) 414.  
 Окулярный микрометр 864.  
 Окуляры 787, 828, 829, 846, 854, 856, 857, 860, 862, 863, 870.  
 Олимпія 330.  
 Омега-туманность 688.  
 Онона 337.  
 Описательная астрономія 164, 186.  
 Опавія 325, 330, 339.  
 Оппозиція 107, 128, 303, 312.  
 Опреѣленіе взаимнаго разстоянія между двумя точками земн. шара по глобусу 171.  
 Опреѣленіе времени 168, 802, 803, 804, 805, 808.  
 Опреѣленіе времени вращенія солнца косвеннымъ путемъ 234, 235.  
 Опреѣленіе времени вращенія солнца по смѣшенію линий въ солнечномъ спектрѣ 222, 226.  
 Опреѣленіе времени вращенія солнца по солнечнымъ пятнамъ 219.  
 Опреѣленіе высоты полюса 15, 53.  
 Опреѣленіе долготы мѣста 457, 877.  
 Опреѣленія долготы по луннымъ кульминаціямъ 860.  
 Опреѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ 879, 885.  
 Опреѣленіе долготы по телеграфу 881.  
 Опреѣленія долготы при помощи перевозки хронометровъ 831, 832, 835.  
 Опреѣленіе массы Юпитера 314, 758.  
 Опреѣленіе наклонности эклиптики 53.  
 Опреѣленіе орбиты новаго небесн. тѣла 320.  
 Опреѣленіе отношенія массы планеты, имѣющей спутника, къ массѣ солнца 305.  
 Опреѣленіе по глобусу времени восхода и захода солнца 166, 172.  
 Опреѣленіе по глобусу времени кульминаціи, восхода и захода какого-нибудь свѣтила 167.  
 Опреѣленіе по глобусу высоты и азимута звѣзды для даннаго момента 167.  
 Опреѣленіе по глобусу высоты и азимута звѣзды для даннаго мѣста 167.  
 Опреѣленіе по глобусу дня, когда восходитъ и заходитъ данной звѣзды будутъ космическими 167.  
 Опреѣленіе по глобусу дня, когда солнце восходитъ и заходитъ въ определенное заранѣе заданное время 168.  
 Опреѣленіе по глобусу долготы и широты свѣтила, прямое восхожденіе и склоненіе котораго извѣстны 166.  
 Опреѣленіе по глобусу звѣзднаго времени, соответствующаго данному среднему 168.  
 Опреѣленіе по глобусу околополярныхъ звѣздъ для даннаго мѣста 166.  
 Опреѣленіе по глобусу положенія планеты или солнца среди неподвижн. звѣздъ 166.  
 Опреѣленіе положенія даннаго мѣста на поверхности земл. по глобусу 171.  
 Опреѣленіе положенія линии апсидъ 180.  
 Опреѣленіе продолжительности самаго длиннаго дня для даннаго мѣста по земному глобусу 174.  
 Опреѣленіе продолжительности самаго короткаго дня для даннаго мѣста по земному глобусу 174.  
 Опреѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ, 16, 56, 57.  
 Опреѣленіе размировъ небесныхъ тѣлъ 77.  
 Опреѣленіе разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земл. 76.  
 Опреѣленіе разстояній отъ планетъ до солнца 129.  
 Опреѣленіе разстоянія между двумя недоступными точками 74.  
 Опреѣленіе сидерическаго обращенія планеты 127.  
 Опреѣленіе склоненій звѣздъ 16.  
 Опреѣленіе солнечнаго параллеля 344.  
 Опреѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ 180.  
 Оптика 867.  
 Оптическая звѣздная система 617.  
 Оптическая ось 785, 8 5, 849, 861, 864, 866, 888.  
 Оптические обманъ 160, 161, 162.  
 Оптическія затмѣнія 879, 885.  
 Опытъ Плато 763.  
 Опытъ Фуко 46.  
 Орбита Венера 283.  
 Орбита Деймоса 452.  
 Орбита Марса 307.  
 Орбита Меркурія 277.  
 Орбита Фобоса 452.  
 Орбиты двойныхъ звѣздъ 618, 619.  
 Орбиты малыхъ планетъ 350.  
 Орель 50, 179, 601, 654, 655.  
 Ориентированіе древнихъ храмовъ 92.  
 Ориентировка 165, 801, 883.  
 Орионъ 49, 50, 178, 180, 181, 601, 610, 649.  
 Орѣхъ 180.  
 Освѣщеніе земл. солнцемъ въ данный моментъ 173.  
 Освѣщеніе Меркурія солнцемъ 277, 278, 279.  
 Освѣщеніе нитей 862, 864.  
 Оскулирующій эллипсъ 746.  
 Осны 181.  
 Основная мѣра 24.  
 Ось міра S, 847, 851, 859, 870, 888.  
 Ось склоненій 856, 866.  
 Ось чечевицы 785.  
 Отклоненіе падающихъ тѣлъ 32, 33, 62, 701.  
 Открытіе Нептуна 404.  
 Открытіе первыхъ астероидовъ 318.  
 Открыт. е первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера 452.  
 Открытіе спутниковъ Марса 415, 446, 447, 448, 449.  
 Открытіе Ураіа 393.  
 Отливъ 424, 731.  
 Относительная яркость звѣздъ 161.

Относительное положение светила 873.  
 Относительные числа Вольфа 215.  
 Отражательная способность 270, 280, 356.  
 Отражательные секстанты Гадтен 794, 799, 800, 801.  
 Отражательный телескоп Гершеля 597.  
 Отражение солнечных лучей атмосферой 157.  
 Отраженный солнечный светъ 158.  
 Отражательная поправка часовъ 817.  
 Отталкивательная сила кометъ 537.  
 Отливы 350.  
 Отыскание астероидовъ при помощи фото-  
 графии 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351.  
 Офиды 178, 179, 181, 385, 601, 622, 623,  
 624, 653.  
 Ошибка индекса 838, 839, 845, 846, 867.  
 Ошибки наблюдений 809.  
 Падающія звѣзды 542, 543, 545, 878.  
 Падение аэролитовъ 544, 545, 547, 549.  
 Падение тѣлъ 32.  
 Пазель 329, 331.  
 Палимпсустъ 180.  
 Паллада 321, 322, 324, 356, 357, 358, 359,  
 360, 362, 366, 453.  
 Палласово желѣзо 547.  
 Пандора 325, 328.  
 Параболическая кривая 320, 710.  
 Параллаксъ 880.  
 Параллаксъ высоты 76.  
 Параллаксъ луны 148, 745.  
 Параллаксъ Марса 294.  
 Параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ 579, 580,  
 581, 582, 583, 584, 585.  
 Параллаксъ свѣтъ 71.  
 Параллаксъ солида 297.  
 Паралактическая машина 853.  
 Паралактическая монтировка 854, 855, 856.  
 Паралактическая установка 852, 855, 856,  
 857, 858, 859, 864, 892.  
 Паралактический инструментъ 859.  
 Паралактическое неравенство 744, 745.  
 Параллели 12.  
 Парижская обсерваторія 328, 330, 856.  
 Партенона 325.  
 Пары астероидовъ, открытыхъ въ одну ночь  
 разными и наблюдателями 328.  
 Пары малыхъ планетъ, открытыхъ въ одну  
 ночь однимъ наблюдателемъ 330.  
 Пассажная призма Штейнгеля 800.  
 Пассажный инструментъ Штейнгеля 800,  
 801, 860, 892, 894, 897.  
 Пассаты 33.  
 Паутиновые нити 798.  
 Пегасъ 50, 179, 619, 621, 656.  
 Пенелопа 350.  
 Пепельный светъ луны 417.  
 Первая четверть 414.  
 Перевое неравенство древнихъ 99, 100, 101, 111.  
 Первое среднее солнц.  
 Первоначальная толча 608.  
 Первый вертикаль 803, 804.  
 Первый законъ Кеплера 111, 112, 113, 114,  
 115, 700.  
 Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и  
 обратно 13.  
 Перевороты, совершающіеся на поверхности  
 солнца 211.  
 Передняя и задняя стороны луны 424.  
 Перебѣга въ счетѣ чиселъ 47, 48.  
 Переменные звѣзды 639.  
 Переменные звѣзды въ звѣздныхъ кучахъ 686.

Переменные звѣзды типа Аголя 660.  
 Переменные звѣзды типа Удлингеловой 659.  
 Перемены на поверхности луны 440, 441.  
 Перидей 112.  
 Перигелий 112, 115, 117, 131, 277, 307, 320,  
 844, 744.  
 Периодическая комета Фая 496.  
 Периодическіе метеорные дожди 558, 559,  
 560, 561.  
 Периодическія возмущенія 741, 745, 746,  
 747, 768.  
 Периодическія измѣненія діаметра солнечнаго  
 диска 233.  
 Периодическія измѣненія на Марсѣ 313.  
 Периодическія измѣненія числа солнечныхъ  
 пятенъ 213, 216, 255.  
 Периодическое колебаніе земной оси 835.  
 Периодъ колебаній 196.  
 Персей 177, 600, 621, 647.  
 Пертурбаціи 739.  
 Петли или узелъ 99.  
 Пигеліометръ 873.  
 Планетарныя туманности 670, 671, 672.  
 Планетная орбита 114.  
 Планетная система Коперника 106, 107, 108,  
 215.  
 Планетная система Птолемея 104.  
 Планетная система Тахо-Браге 110.  
 Планетныя системы 95.  
 Планетоиды 322.  
 Планеты 49, 60.  
 Планеты-Близнецы 329.  
 Планетный годъ 91.  
 Платонъ 441.  
 Плейона 181, 610.  
 Плещы 50, 93, 163, 177, 180, 349, 600, 610,  
 611, 660, 662, 683, 861.  
 Плюио 181.  
 Плоскость горизонтовъ 847.  
 Плоскость качаній маятника 41.  
 Плоскость колебаній 197.  
 Плоскость солнечнаго экватора 255.  
 Плотность атмосферъ 152.  
 Плотность Венеры 284.  
 Плотность земли 729, 730, 731.  
 Плотность кометъ 474.  
 Плотность небесныхъ тѣлъ 716, 729.  
 Плотность Марса 305.  
 Плотность Меркурія 273.  
 Плотность солнца 187.  
 Плотность тѣлъ 35, 36.  
 Плутоиды 725, 726.  
 Поверхность Венеры 284.  
 Поверхность Марса 301.  
 Поверхность Меркурія 273.  
 Поглощеніе свѣта атмосферой 159.  
 Поддержаніе солнечной теплоты 257, 258, 259.  
 Подковообразная туманность 677.  
 Подъемные нити 844, 845.  
 Позитивный кругъ 861, 862, 866.  
 Позиционный микрометръ 861, 863, 864.  
 Покрытие звѣздъ луною 879, 885.  
 Покрытие Марсомъ звѣзды 8-й величины 314.  
 Пола 325.  
 Полапа 325.  
 Поле звѣздъ 849, 850, 851, 852, 858, 860, 861,  
 861, 862, 863, 866, 870.  
 Полигамнія 359, 367.  
 Полиско 361.  
 Поллуксъ 177, 181, 576, 588.  
 Полная величина прилива 733.  
 Полное затмѣніе луны 145.



- Полное солнечное затмение 148, 239, 250.  
 Полнолуние 415.  
 Положение земной оси въ прежнія времена 722.  
 Положение комет и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ 565, 566, 567.  
 Положение оси вращенія Венеры 287.  
 Положение оси вращенія Марса 306.  
 Положение равноденственныхъ точекъ 56.  
 Положение экватора на небесной сферѣ 52.  
 Положение эклиптики относительно экватора 53.  
 Положительная поправка часовъ 817.  
 Полосы на Меркуріи 272.  
 Полосы на Сатурнѣ 378, 379.  
 Полосы на Юпитерѣ 369, 371.  
 Полуденная линия 9.  
 Полуденная труба 827, 828, 832, 833, 835, 837, 858.  
 Подутье солнечнаго пятна 208, 212.  
 Полюсь міра 8, 847, 849, 855, 856, 861.  
 Полюсы Юпитера 370.  
 Поляризація 190, 196 198.  
 Поляризація свѣта, идущаго къ намъ отъ небеснаго свода 199.  
 Поляризація свѣта солнечной короны 244.  
 Поляризационный свѣтъ 196.  
 Полярная 20, 25, 26, 27, 88, 90, 91, 176, 181, 576, 846.  
 Полярная ось 856, 857, 858, 865.  
 Полярная сила 487.  
 Полярное разстояніе 10, 839, 847, 849, 850, 851, 858, 859.  
 Полярные круги 18, 67.  
 Помпея 350.  
 Пониженіе горизонта 21.  
 Поперечное колебаніе 196.  
 Поперечный масштабъ 783, 875.  
 Поправка индекса 858, 859.  
 Поправка часовъ 817, 818.  
 Пороховой взрывъ 878.  
 Поры 210.  
 Последняя четверть 415.  
 Посохъ Іакова 49, 178, 180, 614, 679.  
 Постоянная и непрерывно дѣйствующая сила 691.  
 Постоянныя ошибки 889.  
 Постоянство плоскости качанія маятника 45, 46.  
 Постоянство средней температуры земли въ историческія времена 726.  
 Поступательное движеніе земли 62.  
 Поступательное движеніе солнечныхъ пятенъ 222.  
 Потеряныя планеты 342.  
 Потокъ Леонидовъ 561, 564.  
 Потокъ Персеидъ 563.  
 Потокъ св. Лаврентія 560, 569.  
 Потсдамскій астрографъ 871.  
 Поущій Пѣтухъ 180.  
 Практическая астрономія 888.  
 Предвареніе равноденствій 89.  
 Предвычисленіе луннаго затмѣнія 145, 146.  
 Прежнія попытки опредѣленія солнечнаго параллакса 294.  
 Преломляющій уголъ 868, 870.  
 Преседа 181, 663.  
 Препессія 89, 90, 91, 94, 95, 104, 182, 715, 756.  
 Препессія по прямому восхожденію 182, 183.  
 Препессія по склоненію 183.  
 Приборъ Вѣлопольскаго для провѣрки принципа Доплера-Физо 224, 226.  
 Приборъ для измѣренія фотографическихъ пластинокъ 873.  
 Приборъ Эббе 807, 808.  
 Приведенная долгота планеты 122.  
 Призма 868, 869.  
 Призматическая камера 250, 251, 870.  
 Прикладной часъ 732, 733.  
 Приливное дѣйствіе 767.  
 Приливы и отливы 424, 725, 731, 732, 733, 734, 735, 736.  
 Принципъ Доллера-Физо 222, 223, 224, 226 289, 372, 388, 606.  
 Принципъ сохраненія площадей 708.  
 Принципъ сохраненія силы 191.  
 Принципъ сохраненія энергіи 191.  
 Приспособленія для наблюденій солнца 228.  
 Протягательная сила земли 698.  
 Природа кометъ 536.  
 Природа перемѣнныхъ звѣздъ 658.  
 Природа туманныхъ пятенъ 686, 687.  
 Пробѣлы въ зонѣ астероидовъ 361, 362.  
 Проволочная рѣшетка 866.  
 Продолжительность временъ года въ различныхъ столѣтіяхъ 131, 132.  
 Продолжительность звѣздныхъ сутокъ 724.  
 Продолжительность колебанія 196.  
 Прозрачность кометъ 474.  
 Производящая конуса 709.  
 Происхожденіе астероидовъ 359.  
 Происхожденіе двойныхъ звѣздъ 767.  
 Происхожденіе короны 242.  
 Происхожденіе метеорныхъ колецъ 562.  
 Происхожденіе протуберанцевъ 242.  
 Простой спектроскопъ 862.  
 Противовѣсъ 849, 857.  
 Противостояніе 80, 81, 312, 352.  
 Протуберанцы 241, 243, 247, 251, 252, 255.  
 Прохожденіе Венеры передъ солнечнымъ дискомъ 290, 291, 292, 293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 334, 865.  
 Прохожденіе кометы между солнцемъ и землею 271.  
 Прохожденіе Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ 262, 263, 267, 280, 281, 282, 292, 299.  
 Прохожденіе спутниковъ Юпитера передъ дискомъ планеты 453, 454.  
 Прохожденіе черезъ перигелий 130.  
 Проционъ 178, 180, 181, 576, 578, 581, 583, 605, 631.  
 Прочность системы міра 768.  
 Дружина 852.  
 Прямое восхожденіе 10, 168, 782, 802, 833, 834, 835, 850, 858, 859, 860, 861, 863, 873, 881, 887.  
 Прямое движеніе 95, 102, 107, 108, 468, 756.  
 Прямоугольная тригонометрія 54.  
 Прямоугольныя координаты 873.  
 Псевдо-Дифна 329.  
 Психея 327.  
 Пулковская обсерваторія 224, 832, 871, 878, 893, 894, 895, 896.  
 Путеводная звѣзда 180.  
 Путешествіе вокругъ свѣта 20.  
 Путешествіе на луну 425, 426.  
 Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли 706, 707.  
 Пуцкообразныя протуберанцы 247.  
 Пушечный выстрѣлъ въ полдень 133, 818.  
 Пятна на Венерѣ 286.  
 Пятна на Марсѣ 307, 308, 309, 314.  
 Пятна на Меркуріи 272.

Пятна на солнцѣ 208, 231, 232.  
 Пятна на Юпитерѣ 369, 371.  
 Пятнообразовательная дѣятельность солнца  
 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 280, 232.  
 Пятый спутникъ Юпитера 271, 460, 461.

Работа силы 191.  
 Равнодонственные точки 11, 52.  
 Равнодѣствующая сила 85.  
 Радиантъ 559.  
 Радиусъ-векторъ 117, 125, 130.  
 Радиусъ кривизны 864.  
 Раздвоеніе каналовъ на Марсѣ 312, 313.  
 Раздвоеніе кометы Біазы 491.  
 Раздѣленіе двойныхъ звѣздъ на классы 611,  
 612, 613.  
 Раздѣленіе окружности  $\odot$ .  
 Раздѣленіе переменныхъ звѣздъ на классы  
 658, 659.  
 Разложеніе скоростей 85.  
 Размѣры астероидовъ 356, 358.  
 Размѣры земли 21, 23, 745.  
 Размѣры колецъ Сатурна 389, 390.  
 Размѣры неподвижныхъ звѣздъ 585, 586.  
 Размѣры Нептуна 410.  
 Размѣры протуберанцевъ 242, 248.  
 Размѣры Сатурна 389, 390.  
 Размѣры солнечнаго и луннаго дисковъ во  
 время восхода и заката этихъ свѣтилъ 160.  
 Размѣры солнечныхъ пятенъ 210, 211.  
 Размѣры солнца 88, 186.  
 Размѣры спутниковъ Марса 450.  
 Размѣры спутниковъ Юпитера 458.  
 Разности наблюдениі 853.  
 Расстояніе между двойными звѣздами 617.  
 Расстояніе отъ Венеры до земли 283, 284, 296.  
 Расстояніе отъ Венеры до солнца 283, 296.  
 Расстояніе отъ земли до луны 29.  
 Расстояніе отъ земли до солнца 29, 88, 291,  
 294, 295.  
 Расстояніе отъ Меркурія до земли 273.  
 Расстояніе отъ Нептуна до солнца 409.  
 Расстояніе отъ Сатурна до земли 378.  
 Расстояніе отъ Сатурна до солнца 377.  
 Расстояніе отъ Урана до земли 393.  
 Расстояніе отъ Урана до солнца 393.  
 Расстояніе отъ Юпитера до земли 365.  
 Расстояніе отъ Юпитера до солнца 365.  
 Расстояніе перигелия отъ солнца 117.  
 Расстояніе свѣтилъ отъ земли 738.  
 Райская птица 180.  
 Райтъ 163.  
 Ракъ 59, 91, 163, 178, 180, 622, 650.  
 Распредѣленіе звѣздъ въ пространствѣ 596,  
 597, 598, 599, 600.  
 Распредѣленіе орбитъ астероидовъ 360, 361.  
 Распредѣленіе переменныхъ звѣздъ на небѣ  
 640, 641.  
 Распредѣленіе пятенъ по поверхности солнца  
 216, 217, 255.  
 Рась-Альгета 181.  
 Рась-Альхагуо 181.  
 Рась-Элязедъ 181.  
 Регуляръ 178, 180, 576, 578, 588.  
 Регуляторъ 820, 821, 852.  
 Рефлекторъ 790, 793, 854, 855.  
 Рефракторъ 790, 792, 793, 854, 871.  
 Рефракторъ Альвана Кларка 897, 898.  
 Рефракторъ Грѹбба 896, 898.  
 Рефракторъ Мерца и Милера 895.  
 Рефракторъ Фраунгофера 897.  
 Рефракція 153, 154, 880.

Рефракція въ горизонтѣ 150.  
 Рефракція въ горизонтѣ на Венерѣ 266.  
 Рея 462.  
 Ригель 181, 576, 606.  
 Родопа 336.  
 Роза на глобусѣ 164, 169.  
 Ртутный горизонтъ 801, 888.  
 Рубидій 203.  
 Рудольфовы таблицы движенія Венеры 293.  
 Рыбий ротъ 180.  
 Рыбы 91, 163, 177, 323.  
 Рычагъ 819, 852.  
 Рѣка Эрданъ 180.  
 Рѣшетка Роуланда 869.  
 Садоръ 181.  
 Садъ-Эльзуудъ 181.  
 Садъ-Эльмелкъ 181.  
 Саленція 333, 339, 346, 347.  
 Саросъ 149, 282.  
 Сатурнъ 95, 98, 100, 104, 105, 107, 110, 151,  
 166, 233, 266, 284, 291, 308, 317, 357  
 368, 369, 372, 377, 746, 747, 751.  
 Сафо 332, 345.  
 Своя 346, 361.  
 Свободная ось вращенія 714, 715.  
 Свободное паденіе тѣлъ на Венерѣ 284.  
 Свободное паденіе тѣлъ на земной поверх-  
 ности 691, 692, 693.  
 Свободное паденіе тѣлъ на Меркуріи 274.  
 Свободное паденіе тѣлъ на солнцѣ 187.  
 Свойства большихъ круговъ  $\odot$ .  
 Свойства эллипса 116.  
 Свѣтлыя линіи въ спектрѣ 203.  
 Свѣтлыя полосы на лунѣ 430, 483.  
 Свѣтлыя точки на Марсѣ 310.  
 Свѣтловыя волны 194, 195.  
 Свѣтораздѣленіе 869.  
 Свѣтъ Венеры 282.  
 Свѣтящаяся облака 153.  
 Сегментъ 865.  
 Секстантъ 781.  
 Секториальная скорость 123.  
 Секторъ 839.  
 Секундный маятникъ 39.  
 Семейства кометъ 479.  
 Семедо 332.  
 Семизвѣздіе 180.  
 Семь Волковъ 180.  
 Сердце Гядры 180.  
 Сердце Льва 180.  
 Сердце Скорпіона 180.  
 Серебро 205.  
 Середина затмѣнія 146.  
 Сжатіе земли 34, 85, 62, 88, 721, 744, 745.  
 Сжатіе Меркурія 273.  
 Сжатіе планетъ 35, 721.  
 Сжатіе Сатурна 379, 380.  
 Сжатіе солнечнаго диска 156.  
 Сжатіе Урана 394.  
 Сжатіе Юпитера 34, 371, 373.  
 Сибилла 337, 361.  
 Сигналы 878.  
 Сидерическое обращеніе 99, 118, 125, 126,  
 284, 304.  
 Связи 80, 742.  
 Сила притяженія 696.  
 Сила свѣта 196.  
 Сила тяжести 31, 35, 36, 88.  
 Силезія 325.  
 Силы 85.  
 Сильвія 337.

- Синодическое обращеніе 98, 99, 126, 127, 284, 304.  
 Сиріусъ 50, 178, 180, 553, 576, 578, 584, 588, 592, 605, 606, 622, 628, 631, 646.  
 Сиррахъ 181.  
 Система Алгола 636.  
 Система колець Сатурна 381, 383.  
 Система Коперника 109.  
 Система Тихо-Браге 111.  
 Систематическія ошибки 887, 889.  
 Системы двойныхъ звѣздъ 629, 630.  
 Системы сложныхъ объективовъ 791.  
 Сита 338, 339.  
 Скаты 181.  
 Склоненіе 10, 57, 173, 782, 801, 834, 835, 856, 859, 860, 861, 863, 873, 887.  
 Скопленія  $\lambda$  и  $\chi$  въ мечѣ Персея 663.  
 Скорость звука 28.  
 Скорость свѣта 81, 82, 83, 84, 85.  
 Скорпіонъ 179, 601, 613, 623, 653.  
 Сложеніе и разложеніе силъ 86.  
 Сложеніе скоростей 85.  
 Сложный спектроскопъ 868.  
 Случайныя ошибки 887, 889.  
 Слѣдствія вращенія Венеры около оси 289.  
 Слюда 801.  
 Смѣщеніе спектральныхъ линий 223, 226, 252.  
 Свѣтная граница 70.  
 Собачій хвостъ 181.  
 Собственное движеніе Пропіона 632.  
 Собственное движеніе Сиріуса 631, 632, 633.  
 Собственное движеніе солнца. пятель 220.  
 Собственное движеніе солнца 50.  
 Собственный свѣтъ кометъ 473.  
 Собственныя движенія звѣздъ 604, 605.  
 Собственныя движенія туманностей 633.  
 Соединеніе 80, 81, 107, 290.  
 Солнечная атмосфера 236, 237.  
 Солнечная корона 239, 240, 244, 251.  
 Солнечная постоянная 257.  
 Солнечная система 303.  
 Солнечная теплота 194, 208, 238, 239, 256.  
 Солнечное затмѣніе 147, 150, 294, 879, 885.  
 Солнечное истинное время 134, 804.  
 Солнечные выступы 241.  
 Солнечные факелы 236.  
 Солнечные часы 811, 816.  
 Солнечный дискъ 238.  
 Солнечный параллаксъ 294, 295, 296, 298, 300, 301, 302, 352, 744, 745.  
 Солнечный свѣтъ 188.  
 Солнечный спектръ 202, 203, 226, 873.  
 Солнечный экваторъ 219.  
 Солнечныя истинныя сутки 16, 134, 732.  
 Солнечныя пятна 212, 221, 252, 253, 254, 255.  
 Солнце 104, 106, 186, 592.  
 Соидествованіе 777.  
 Сопркосновеніе краевъ Венеры и солнца 297.  
 Сопротивленіе воздуха 751.  
 Сорокашестилѣтній періодъ въ движеніи Меркурія 282.  
 Составляющія силы 85.  
 Софія 350.  
 Спектрально-двойныя звѣзды 635.  
 Спектральные аппараты 867, 892.  
 Спектральный анализъ 202, 203, 205, 690.  
 Спектральныя линии 868, 869.  
 Спектральныя наблюденія 315, 852, 867.  
 Спектрографическое фотографированіе 870.  
 Спектрографъ 224, 867, 870.  
 Спектрометръ 867, 869.  
 Спектроскопъ 201, 208, 226, 280, 867, 868, 869, 870.  
 Спектръ 195, 200.  
 Спектръ Венеры 287.  
 Спектръ второго класса 590.  
 Спектръ газообразныхъ туманностей 688.  
 Спектръ жѣлѣза 204.  
 Спектръ звѣздныхъ скопленій 687.  
 Спектръ калия 202.  
 Спектръ кометъ 473, 474.  
 Спектръ короны 244, 245.  
 Спектръ литія 202.  
 Спектръ лучеиспусканія 204.  
 Спектръ магнія 202.  
 Спектръ мѣди 202.  
 Спектръ натрія 202.  
 Спектръ Нептуна 410.  
 Спектръ первого класса 589.  
 Спектръ поглощенія 204.  
 Спектръ протуберанцевъ 244, 245, 246, 249.  
 Спектръ Ригеля 606.  
 Спектръ Сатурна 379, 388.  
 Спектръ солнечныхъ пятенъ 252.  
 Спектръ солнца 201, 204.  
 Спектръ Титана 204.  
 Спектръ третьяго класса 590.  
 Спектръ Урана 394.  
 Спектръ хромосферы 249.  
 Спектры звѣздъ 589, 591.  
 Спектры земныхъ источниковъ свѣта 868.  
 Спика 178, 180, 181, 576, 578, 591, 606.  
 Спираль 820.  
 Спиральная туманность въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ 676.  
 Спиральное строеніе млечнаго пути 606.  
 Спиральное строеніе солнечныхъ пятенъ 212.  
 Спиральное строеніе туманностей 676.  
 Спиральная туманности 667, 675.  
 Спорадическіе метеоры 558, 560.  
 Способъ наблюденія соответствующихъ высотъ 809.  
 Способъ наименьшихъ квадратовъ 890, 891.  
 Способъ Сомнера для опредѣленія положенія корабля на морѣ 836, 887.  
 Спутники вѣдшихъ планетъ 445.  
 Спутники Марса 304, 445.  
 Спутники Сатурна 331, 338, 461, 462, 463, 464.  
 Спутники Урана 331, 464, 465.  
 Спутники Юпитера 445, 452, 453.  
 Спутникъ Венеры 289, 290, 291.  
 Спутникъ Меркурія 271.  
 Спутникъ Нептуна 465.  
 Спутникъ Пропіона 635.  
 Спутникъ Сиріуса 634.  
 Сравненіе яркости неподвижныхъ звѣздъ съ яркостью нашего солнца 585, 587.  
 Сравнительные размѣры Венеры и земли 284.  
 Сравнительные размѣры луны и земли 412.  
 Сравнительные размѣры Марса и земли 304.  
 Сравнительные размѣры Меркурія и земли 273.  
 Сравнительные размѣры Сатурна и земли 378.  
 Сравнительные размѣры Урана и земли 393.  
 Сравнительные размѣры Юпитера и земли 365.  
 Среднее арифметическое 889.  
 Среднее время 134, 135, 138, 169, 802, 832.  
 Средневропейское время 141.  
 Среднее колебаніе 822.  
 Среднее разстояніе отъ земли до солнца 293.  
 Среднее разстояніе отъ Марса до солнца 303.  
 Среднее разст. отъ Меркурія до солнца 272.  
 Среднее разстояніе отъ планеты до солнца 117, 125.

Средній полдень 138.  
 Средняя аномалія 123, 124.  
 Средняя годовая температура 70.  
 Средняя долгота 124, 125.  
 Средняя планета 123, 135.  
 Средняя плотность Меркурия 273.  
 Средняя плотность солнца 137.  
 Средняя скорость движени Меркурия 273.  
 Средняя температура земли 727.  
 Старѣйшія косм.гоническія гипотезы 758, 759, 760.  
 Статистика астероидовъ 342, 349, 350, 353, 354.  
 Статистика метеоровъ 554, 555, 557.  
 Статистика солнечныхъ пятенъ 215, 214.  
 Стожары 180.  
 Столкновіе кометъ съ землею 493, 494, 495, 496.  
 Столп 181.  
 Сторожа 181.  
 Стояніе планеты 95, 99, 103, 108, 109.  
 Страсбургскій меридианный кругъ 841.  
 Строеіе колецъ Сатурна 389.  
 Строеіе млочнаго пути 607.  
 Строеіе солнечныхъ пятенъ 212.  
 Строеіе Юпитера 376.  
 Стрѣла 601, 655.  
 Стрѣлецъ 91, 99, 175, 601, 602.  
 Стѣнной квадрантъ 782, 783, 827, 840.  
 Стѣнной кругъ 840.  
 Сумерки 153, 158.  
 Сумерки на Венерѣ 286.  
 Суточная угловая скорость вращенія солнца для различныхъ географическихъ широтъ 221.  
 Суточное движение 25, 849, 863.  
 Суточное колебаніе 822.  
 Суточный параллаксъ 74, 75.  
 Сферическая тригонометрія 802.  
 Сферическій треугольникъ 802, 808.  
 Сферондъ 34, 35.  
 Сѣверная корона 621, 623.  
 Сѣверная охотничья собака 180.  
 Сѣверное подумаріе 8.  
 Сѣверное сіяніе 153, 249, 286.  
 Сѣверный полюсъ міра 26.  
 Сѣтка нитей 797, 829, 831, 838, 860, 861, 864.

Таблицы движениа планетъ 124.  
 Таблицы Меркурия 276.  
 Таблицы прецессіи 182, 184.  
 Тайгета 181, 610.  
 Талій 203.  
 Таутохронное явленіе 878.  
 Тахиметрический способъ опредѣленія солнечнаго параллакса 302.  
 Телеграфъ 881.  
 Телескопъ 849, 850, 851, 854, 858, 859, 860, 864, 865, 866, 867, 869, 870, 885, 892.  
 Телескопъ Іеркса 792, 793.  
 Телескопъ ликской обсерваторіи 792.  
 Телесъ 49, 50, 91, 177, 180, 601, 610, 648.  
 Теллурическія ланія 280.  
 Телѣжка для перекладки пассажнаго инструмента 841.  
 Темное кольцо Сатурна 382.  
 Температура звѣздъ 592.  
 Температура міроваго пространства 728.  
 Температура солнца 254, 255, 256, 257.  
 Теодолитъ 781, 846, 858.  
 Теорія Вильсона - Гершеля о физическомъ строеіи солнца 253.  
 Теорія волнообразнаго колебанія воздуха 189.]

Теорія вѣроятностей 890.  
 Теорія источенія свѣтовой матеріи 189.  
 Теорія Сенки-Юнга о физическомъ строеіи солнца 254.  
 Тепловая энергія 191, 193.  
 Тепловые лучи 207.  
 Теплоемкость 258.  
 Тешородъ 190.  
 Теплоота, посылаемая солнцемъ 188.  
 Термоэлектрической столбикъ 230.  
 Техника фотографированія 867.  
 Теченія, совершающіяся внутри солнца 255.  
 Титанія 464.  
 Титанъ 205, 331, 462.  
 Толлианъ 181.  
 Толоза 325.  
 Топографія луны 438.  
 Топографія Марса 307.  
 Топографія неба 186.  
 Тормазъ 820, 821, 852.  
 Точка весенняго равноденствія 11, 52, 887.  
 Точка востока 52.  
 Точка горизонта на кругѣ 839.  
 Точка запада 52.  
 Точка змѣняго солнцестоянія 11, 52.  
 Точка лѣтняго солнцестоянія 11, 52.  
 Точка нуля 838, 850.  
 Точка осенняго равноденствія 11, 52.  
 Точка полюса на кругѣ 839.  
 Точки солнцестояній 11, 52, 67.  
 Транснелтуаніальныя планеты 410.  
 Трапеція въ Оріонѣ 614.  
 Треніе 851, 852.  
 Третій законъ Кеплера 291, 296.  
 Тригонометрическія величины 72, 73.  
 Трикветръ 778, 779.  
 Трираздѣльная туманность (Trifid nebula) 672, 683.  
 Три Святые Короля 180.  
 Триангуляція 23.  
 Тройныя звѣзды 613.  
 Тройки 13, 33, 67.  
 Тройникъ Козерога 13.  
 Тройникъ Рака 13.  
 Тропическій поясъ 68.  
 Тропическое обращеніе 117, 118, 120, 126, 304.  
 Троппау 325.  
 Туле 334, 339, 493.  
 Туманности 641, 642, 660, 661, 855.  
 Туманности въ созвѣдїи Арго 682.  
 Туманности въ созвѣдїи Большой Медвѣдцы 185.  
 Туманности правильной формы 669.  
 Туманность въ Андромедѣ 602, 679.  
 Туманность въ Пелеядѣ 684.  
 Туманность Крабъ 677.  
 Туманныя звѣзды 672, 673, 674.  
 Туснельда 338.  
 Тѣла, находящіяся въ солнечной атмосферѣ въ газобразномъ состояніи 205.  
 Тѣла, отсутствующія въ солнечной атмосферѣ 205.  
 Тѣлесныя полосы 151.  
 Тѣнь, отбрасываемая предметами при свѣтѣ Венеры 232.  
 Тѣнь солнечнаго пятна 209, 212.  
 Тяжесть 690.  
 Увеличеніе 859, 870.  
 Углекислота на Марсѣ 315.  
 Уголъ положенія 617, 861, 862, 866.  
 Угольный мѣшокъ 601, 610.

- Удивительная 591, 617.  
 Ультрафиолетовая часть спектра 206.  
 Умбраль 464.  
 Умбральный пояс земной поверхности 67, 68.  
 Уна 361.  
 Ундина 333.  
 Универсал 843.  
 Универсальный инструмент 842, 843, 844, 845, 854, 859.  
 Универсальный штативъ 857, 858.  
 Ункъ-Эльхайн 181.  
 Уравнение времени 135, 809.  
 Уравнение орбиты 124, 125, 742.  
 Ур венеи свѣта 88.  
 Уранъ 71, 95, 98, 104, 126, 266, 317, 320, 357, 368, 369, 372, 393, 399—403, 405—407.  
 Урда 336.  
 Уровень 777, 801, 824, 825, 826, 836, 844, 845, 850.  
 Ускореніе неподвижныхъ звѣздъ 136.  
 Ускореніе силъ тяжести на небесныхъ тѣлахъ 718.  
 Ускореніе средняго движенія луны 725, 751.  
 Установка глобуса 165.  
 Устойчивость осей вращенія планетъ 715.  
 Устойчивость солнечной системы 770, 771, 772.  
 Утренняя звѣзда 97, 283.
- Фазы Венеры** 275, 284, 285.  
**Фазы луны** 412, 413, 415.  
**Фазы Марса** 303.  
**Фазы Меркурія** 272, 274, 284, 285.  
**Факелы** 208, 209, 235, 255.  
**Фалда** 181.  
**Фердинандова Церера** 319.  
**Феронія** 325, 331, 332, 357, 364.  
**Фигура земанъ** 22, 23, 24, 34.  
**Фигура небесныхъ тѣлъ** 20, 716.  
**Фидель-Фиделъ** 328, 361.  
**Физическая астрономія** 690.  
**Физическая система** 617.  
**Физическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса** 302.  
**Физическіи затмѣнія** 878, 885.  
**Физическіи свойства спутниковъ Юпитера** 459.  
**Физическое строеніе колецъ Сатурна** 386.  
**Физическое строеніе солнца** 252, 253.  
**Фидягорія** 338, 339.  
**Филія** 339.  
**Философія** 338.  
**Флинтгласова призма** 868, 870.  
**Флинтгласъ** 790, 791, 793.  
**Флора** 324, 327, 746.  
**Флуоресценція** 206.  
**Фобосъ** 450.  
**Фокальная плоскость** 786, 863.  
**Фокея** 328.  
**Фокусное разстояніе** 855, 864, 869.  
**Фокусъ** 785, 786, 829, 830, 860.  
**Фокусы эллипса** 34, 117.  
**Фомальгаутъ** 180, 561, 576.  
**Форма небеснаго свода** 160.  
**Формула Дунора для угловой скорости вращенія солнечныхъ пятенъ** 227.  
**Формула Петерса для угловой суточной скорости вращенія солнечныхъ пятенъ** 221.  
**Формула Филъ для угловой суточной скорости вращенія солнечныхъ пятенъ** 221.  
**Формула Шпѣрера для угловой суточной скорости вращенія пятна** 221.  
**Фосфоресценція** 266.  
**Фосфоръ** 283.
- Фотографированіе астероидовъ** 344, 354.  
**Фотографированіе кометъ** 534, 535.  
**Фотографированіе неба** 595, 852, 867, 871.  
**Фотографированіе полного солнечнаго затмѣнія** 245.  
**Фотографированіе спектровъ** 870.  
**Фотографическая камера** 870.  
**Фотографическая пластинка** 870, 872, 873.  
**Фотографическая труба** 871.  
**Фотографія небесная** 690.  
**Фотометрія** 690.  
**Фотометръ Цельсера** 874.  
**Фотосфера** 209, 247, 254.  
**Фотосферическая сѣтка** 209.  
**Фраунгоферовы линіи** 201, 202, 203, 204, 205, 249, 250, 251, 255.  
**Фрея** 332.  
**Фрига** 331, 357.  
**Фэо** 326.
- Жамаль** 181.  
**Жара** 181.  
**Хвостъ кометы** 468, 537, 538.  
**Херсизія** 337, 361.  
**Химическій процессъ** 258.  
**Химическій спектръ** 206.  
**Химическое сродство** 192, 193.  
**Ходъ часовъ** 40, 817, 818, 833.  
**Холодный поясъ земной поверхности** 67, 68.  
**Хризисъ** 361.  
**Хроматическая аберрація** 789.  
**Хромосфера** 238, 247, 249, 251, 255.  
**Хромъ** 205.  
**Хронографъ** 835, 892.  
**Хронометръ** 821, 822, 881, 882, 885, 892.  
**Хадусъ** 181.
- Цапфы** 837, 888.  
**Цѣпная аберрація** 789.  
**Цѣпные лучи** 200.  
**Цѣпъ астероидовъ** 357.  
**Цѣпъ двойныхъ звѣздъ** 614, 615.  
**Цѣпъ звѣздъ** 578.  
**Цѣпъ Марса** 305.  
**Цѣпъ солнечныхъ пятенъ** 212.  
**Цѣпъ хромосферы** 247.  
**Цезій** 203.  
**Целено** 181, 610.  
**Центавръ** 605, 613, 622, 652.  
**Центральная сила** 62, 709.  
**Центральная станція для астрономическихъ телеграммъ въ Кайъ** 336.  
**Центральное солнце вселенной** 607.  
**Центральныя затмѣнія** 149.  
**Центробѣжная сила** 31, 34, 35, 36, 37, 62, 83, 714, 721, 852.  
**Центробѣжныи маятникъ** 852.  
**Центръ свободнаго вращенія планеты** 714.  
**Центръ эллипса** 34, 117.  
**Церера** 319, 320, 321, 322, 323, 324, 329, 350, 356, 357, 358, 359, 360, 362.  
**Цейфъ** 176, 602, 646, 656.  
**Цезилія** 330, 340.  
**Цибелла** 326.  
**Цирена** 333.  
**Цирпей** 361.  
**Позма** 181.  
**Цубенъ Элякрабъ** 181.  
**Цюрихская обсерваторія** 214.
- Часовая ось** 858, 866.  
**Часовой кругъ** 850, 851, 856, 857, 866.

Часовой механизмъ 819, 851, 857, 863, 866, 871, 872.  
 Часовой уголъ 10. 782, 802, 804, 847, 849, 850, 857, 858, 860.  
 Часовой уголъ солнца 802.  
 Часовые круги 10.  
 Часовые нити 850.  
 Частное затмѣніе 143, 149.  
 Частныя возмущенія 745, 746.  
 Часы 820, 821, 833, 852, 882, 892.  
 Часы Девта 894.  
 Часы Хауга 894.  
 Чаша 651.  
 Черная капля 299.  
 Четверныя звѣзды 614.  
 Число астероидовъ 352.  
 Число колебаній въ теченіе 1 секунды для инфракрасныхъ лучей 208.  
 Число колебаній въ теченіе 1 секунды для ультрафиолетовыхъ лучей 207.  
 Число колебаній свѣтовыхъ волнъ въ теченіе 1 секунды 196.  
 Число кометъ 467.  
 Число метеоровъ 554.  
 Число неподвижныхъ звѣздъ 592, 593, 594 595, 596.  
 Шарообразность землѣ 18, 19, 20.  
 Шедиръ 56.  
 Шестнадцатикратная звѣзда 614.  
 Ширина пояса астероидовъ 335.  
 Ширина планеты 122.  
 Шкала 865, 866, 868.  
 Штативъ 850, 851, 856.  
 Щель 870.  
 Щитъ Собіесскаго 654.  
 Звѣздія 741, 742, 743.  
 Эвридика 331.  
 Эвхаристъ 336.  
 Эгерія 328, 746.  
 Эгана 332, 333, 361.  
 Эгле 328, 335.  
 Эйфрозюна 328, 330.  
 Экваторіаль 842, 847, 849, 850, 851, 852, 853, 855, 858, 859, 860, 865, 871, 888.  
 Экваторіальная звѣзда 831.  
 Экваторіальные солнечные часы 815.  
 Экваторъ 8, 801, 861, 863.  
 Эклиптика 51, 59, 61, 330, 756.  
 Эклиптикалыя карты 328, 354, 355.  
 Экранъ для наблюденій солнца 212.  
 Эксцентриситетъ 124, 283, 739.  
 Эксцентриситетъ астероидовъ 335.  
 Эксцентриситетъ земной орбиты 752.  
 Эксцентриситетъ орбиты Марса 303.  
 Эксцентриситетъ орбиты Юпитера 365.  
 Эксцентриситетъ эллипса 117.  
 Эксцентриситеты планетъ 761.  
 Эксцентрический кругъ 101.  
 Эксцентричность алмады 888, 889.  
 Электра 610.  
 Элементы вращенія солнца 227.  
 Элементы орбиты четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера 458.  
 Элементы планетныхъ орбитъ 120, 124, 887.

Эллипсоидъ вращенія 35.  
 Эллипсоидъ вращенія около малой оси 34.  
 Эллиптическая кривая линія 100, 116, 320, 710.  
 Эллиптическая туманность въ Большомъ Львѣ 675.  
 Эллиптическая орбиты 709, 711, 712.  
 Эллиптическое сѣченіе трубы 871.  
 Эллипсы 34, 116, 832.  
 Эллипсы, описываемый звѣздами вследствие абераціи 87.  
 Элонгація 96, 109, 276.—Э. Венеры 285.  
 Эльгомайза 180, 181.  
 Эльзель 350, 331.  
 Эльшератаинъ 181.  
 Эминія 361.  
 Эноназинъ 181.  
 Энергія 191.  
 Энифъ 181.  
 Энцелидъ 462, 464.  
 Эпициклы 102, 103, 104, 105.  
 Эрато 331.  
 Эрвгона 338, 350.  
 Эриданъ 585, 588, 624.  
 Эросъ 334, 351, 352, 357.  
 Этра 334.  
 Эттанія 181.  
 Эффективная температура солнечной поверхности 257.  
 Эхо 331, 364.  
 Эвръ 189, 724.

Югула 181.  
 Юева 333, 338.  
 Южная Охотничья Собака 181.  
 Южное полушаріе 8.  
 Южный крестъ 601, 610.  
 Южный полюсъ міра 26.  
 Южный треугольникъ 601.  
 Юлія 330.  
 Юнона 319, 323, 324, 356, 358, 367, 453.  
 Юпитеръ 61, 81, 82, 95, 98, 100, 101, 105, 107, 110, 119, 120, 151, 161, 233, 266, 284, 287, 302, 303, 305, 317, 318, 319, 321, 322, 335, 342, 350, 357, 359, 360, 361, 362, 365, 368, 369, 372, 380, 553, 645, 746, 747, 751.  
 Юстинія 338.

Ядро кометы 468.  
 Ядро солнечнаго пятна 209, 212.  
 Ялта 333.  
 Япетъ 462.  
 Яркость астероидовъ 353.  
 Яркость Венеры 285.  
 Яркость звѣздъ 577.  
 Яркость изображеній 864.  
 Яркость Марса 304.  
 Яркость Меркурія 276.  
 Яркость солнечнаго свѣта 255, 256.  
 Яркость солнечныхъ пятенъ 237, 233.  
 Яркость флеловъ 237.  
 Яркость фотографы 233.  
 Ясли 180, 181, 611, 660, 663, 861.

Зенита 328, 367, 453.  
 Зенита 327, 462, 464.